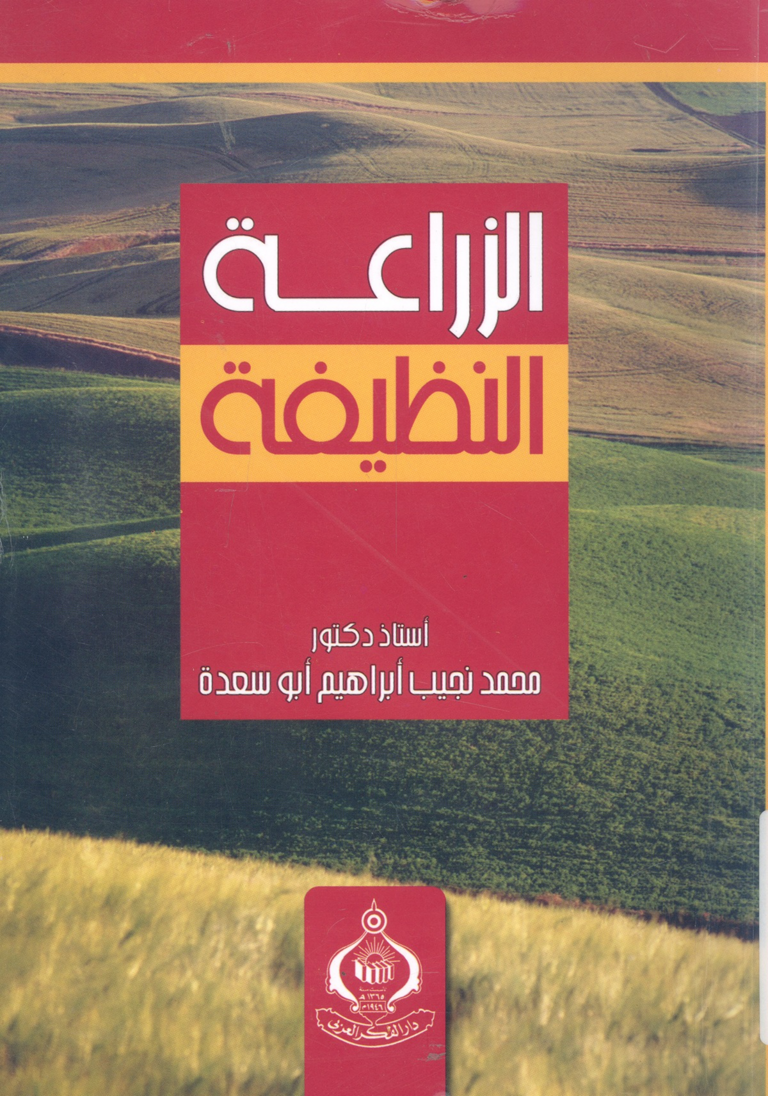

الزراعة
النظيفة
أستاذ دكتور
محمد نجيب أبراهيم أبو سعدة
دار الفكر العربي

الزراعة النظيفة

الأستاذ الدكتور
محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة

أستاذ التقنية الحيوية الميكروبية
بجامعتى عين شمس والطائف

الطبعة الأولى
١٤٢٩هـ / ٢٠٠٨م

ملتزم الطبع والنشر
دار الفكر العربي
٩٤ شارع عباس العقاد - مدينة نصر - القاهرة
ت: ٢٢٧٥٢٩٨٤ - فاكس: ٢٢٧٥٢٧٣٥
٦ أ شارع جواد حسنى - ت: ٢٣٩٣٠١٦٧
www.darelfikrelarabi.com
INFO@darelfikrelarabi.com

٦٣١	محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة.
م ح ز ر	الزراعة النظيفة/ محمد نجيب إبراهيم أبو سعدة. -القاهرة: دار الفكر العربى، ١٤٢٩هـ = ٢٠٠٨م.
	٢٣٢ ص ؛ إيض ٢٤ سم.
	ببليوجرافية: ص ٢٢١- ٢٢٦.
	يشتمل على معجم بالمصطلحات إنجليزى - عربى.
	تدمك: ٤ ـ ٢٣٦٣ ـ ١٠ ـ ٩٧٧.
	١- الزراعة العضوية. ٢- الآفات الزراعية. ٣-التسميد الحيوي. ٤- التسميد العضوى. ٥- تدوير المخلفات الزراعية. ٦- الزراعة بدون تربة ٧-الموارد المائية- تنظيم وإدارة. أ- العنوان.

جمع إلكترونى وطباعة



تصميم وإخراج فنى

شيماء كمال عبد المعطى

رقم الإيداع ٤٦٩٠ / ٢٠٠٨



مقدمة

كانت النظرة للتربة قديماً وحتى بدايات القرن العشرين أنها مصدر للعناصر الغذائية للنبات ومستودع لتحليل المخلفات الزراعية (نباتية أو حيوانية).

وقد بدأت هذه النظرة للتربة تزداد اتساعا فى نهايات القرن الماضى، بالأخذ فى الاعتبار التغيرات المناخية ومنظومة الموارد المائية والصفات الفيزيقية والكيماوية والبيولوجية للتربة. ووضعت السياسات المختلفة للحفاظ على الرقعة الزراعية مساحة وخصوبة، وخاصة محتواها من المادة العضوية التى تمثل أحد المكونات الرئيسة للتربة وأساس خصوبتها.

ولقد تزايد تداول مصطلح "الزراعة العضوية" فى الآونة الأخيرة بالرغم من أنه ليس من المستجدات، فالزراعة فى نشأتها كانت عضوية تعتمد على السماد (السباخ) البلدى فى المحافظة على خصوبة التربة وتعويض ما استنفد فى نمو النباتات من عناصر غذائية، وكانت تعتمد فى مقاومة الحشائش والآفات على تقليب التربة بالحرث أو بالخلع والنقاوة اليدوية، حتى جاءت مرحلة ما يعرف بالثورة الخضراء أو الزراعة الكيماوية منذ خمسة عقود تقريباً، حيث تم الاعتماد على استخدام الأسمدة المعدنية والمبيدات المختلفة ومنظمات النمو. . . . إلخ. وبالفعل حققت هذه الوسائل زيادة فى الإنتاج الزراعى، ولكنها كانت مصدراً لتلوث البيئة وسبباً لكثير من الأمراض والأوبئة للإنسان والحيوان والنبات، وبلغت خسائرها المادية والبيئية والصحية أضعاف ما حققته من زيادة إنتاجية.

وفى اعتقادنا أن مصطلح "الزراعة النظيفة" أشمل وأعم من مصطلح الزراعة العضوية، حيث يشمل بجانب الأسمدة العضوية والميكروبية والمكافحة الحيوية،أيضا النباتات المعدلة أو المحورة وراثيا لمقاومة الأمراض والآفات والظروف البيئية القاسية كالجفاف والملوحة إعلاء لشأن التكنولوجيا الحيوية، ويشمل أيضاً عمليات ترشيد الموارد الطبيعية من المنبع مثل الطاقة والمياه والمواد الخام، وتحاشى

إنتاج الملوثات مع الاستفادة الكاملة من المخلفات الزراعية بتدويرها وتحويلها إلى أعلاف غير تقليدية وطاقة صديقة للبيئة.

إذن الزراعة النظيفة تقوم على عدة أركان رئيسة تتعدى التسميد العضوي أو المقاومة الحيوية.

كما تجدر الإشارة فى هذا المقام إلى أن العديد ممن تناولوا موضوع "الزراعة العضوية" قد ركزوا على كمِّ الأمتار المكعبة المضافة للفدان سواء كان منزرعاً بالمحاصيل التقليدية أو البستانية - والحقيقة أن صلب الموضوع هو كيفية Know how وآلية Mechanism تصنيع هذه الأسمدة، سواء من المخلفات النباتية أو الحيوانية أو القمامة أو الحمأه أو إنتاجها بواسطة العديد من ميكروبات التربة النافعة والوصول بها للاستخدام على نطاق تجارى واسع فى حالة آمنة تماماً، وهذا هو الفكر المتبع حديثا فى التنمية فى المجال الزراعى (الزراعة المستدامة) حيث التقليل من المستهلك فى المواد الخام الداخلي فى العملية الزراعية بما فيها خصوبة التربة ذاتها والمصادر المائية والثروة الحيوانية، مع إعادة توظيف المواد المتخلفة لتحقيق أكبر استفادة من المنظومة، وهذه إستراتيجية النوع Quality التى يتجه إليها العالم الحديث وليس الكم Quantity.

وقد أفردت فى بداية الكتاب بابا خاصا لمقارنة مساوئ الزراعة الكيماوية وما جلبته علينا بمزايا الزراعة النظيفة.

ثم تناولت فى **الباب الثاني** دور التقنية الحيوية فى مجال النبات (الزراعة المعدلة) بدءا بالتقانات الحيوية فى مجال مقاومة الإصابة الحشرية - تعقيم الذكور والمبيدات الميكروبية والنباتات المعدلة لمقاومة الحشرات ثم فى مجال مقاومة الحشائش ومجال مقاومة الأمراض النباتية ومجال النباتات المحورة المتحملة الظروف البيئية القاسية، وختاما بالنباتات الصيدلانية والنباتات الإستراتيجية.

وتطرقنا فى **الباب الثالث** إلى المكافحة الحيوية كبديل أمثل للمبيدات المسرطنة؛ بدءا بمسببات الأمراض فى الحشرات سواء كانت بكتيريا أو فطريات أو فيروسات أو بروتوزوا، والصفات المطلوب توفرها فى مسببات الأمراض

والصعوبات التى تـواجه استخدام المبـيدات الميكروبية، ثم عرجنا على المفـترسات والطفيلـيات الحشـرية والجاذبات الجنسـية (الفرمـونات) وأنواع المصائد المخـتلفة، وانتهينا بالطيور والمفترسات الصديقة للبيئة.

وكان الباب **الرابع** خاصا بالتسميد الحيوي متضمنا اللقاحات المثبتة للنتروجين الجوى واللقـاحات المذيبـة للفوسفـور واللقاحات المذيبـة للعناصر الغـذائية، وتم استعراض ميكانيكية (آلية) تثبيت النتـروجين والكائنات المثبتة سواء عضوية التغذية الحرة أو الممثلة للضوء (السـيانوبكتيريا) أو التكافلية (العقدية) مع شرح كـيفية غزو الميكروب للعائل المتخصص، وأطـوار العقدة وطرق إضافة اللقاحات وكيـفية إنتاج الكتلة الحيوية الميكروبية (اللقاح الحيوي) على نطاق تجارى متضمنا عناصر المفاعل الحيوى ووسـائل الكشف عن كفاءة السـلالة المستخدمـة فى العملية الإنتاجـية من خلال تتبع منحنى النمو وحساب عمر الجيل ومعدل النمو وإنتاجية الخلايا.

واستعرضنا فى الباب **الخامس** التسميد العضوى كأحد أجزاء - وليس كل - منظومـة الزراعة النظيـفة من ناحيـة أهميـة المادة العضـوية لخصوبة الـتربة وأنواع الأسمدة العضوية المخـتلفة - تركيبا وتحضيرا وتخزينا واحتياطات الاستخدام- بدءا من السبـاخ البلدى ثم سماد المكمـورة (كمبوسـت المزرعة) - السماد الأخـضر - سمـاد زرق الدواجن والطيور - سمـاد كمبوست القـمامة، وأخـيرا سماد حـماة المجارى.

ولإكمـال المنظومة كان لابد من الغوص فى مـجال تدوير (إعادة استـخدام) المخلفات الزراعـية كأحد الأهداف الرئيـسة للزراعة النظيفـة لما يمثل ذلك من عائد اقـتصـادي كبـير، ومن حل لمشـكلة تلوث البيـئة، ورفـعـا للمسـتوى الصـحي والاجتماعي بالريف، وقد خصصنا لذلك الباب **السادس** حيث تم استعراض تسعة مجالات لتدوير قش الأرز وخمسـة مجالات لتدوير حطب القطن والذرة، وعشرة مجالات لتدوير مخلفات زراعة وصناعة قصب السكر - عروش الخضر والبنجر - مخلفـات تقليم أشجار الفاكـهة والموز والزيتون والنخيل - وورد النيـل والحشائش

المختلفة - ومخلفات مزارع الدواجن والخيول - مخلفات صناعة الألبان - الزيوت والصابون - النشا والجلوكوز - الأغذية المعلبة.

ومما لا يجب إغفاله استعراض طرق الزراعة غير النمطية (أو ما يعرف بدون تربة)؛ ولذا جاء الباب **السابع** متناولا المزارع المائية والهوائية، ومزارع الحصى وبالات القش ومخاليط البيت ومزارع الأغوار ومزارع الحلقات والأعمدة والأجوالة حيث إنها أصبحت واقعا ملموسا.

وجاء الباب **الثامن** والأخير مستهدفا منظومة الإدارة المثلى للمياه والطاقة والتربة من ناحية ترشيد وتطوير الموارد المائية واستعراض نظم الري والصرف الحديثة بعيدا عن الغمر والطرق التقليدية ومشكلاتها. ثم ختم الكتاب باستعراض المراجع المستخدمة.

وأخيرا أود أن أتقدم بخالص الشكر والتقدير لكل من قدم لي العون والمساعدة فى توفير المادة العلمية وتجميع وإخراج الكتاب بالصورة الملائمة، وأتمنى من الله أن تنال هذه الثمرة العلمية حسن القبول وأن تكون علما نافعا وشفيعا يوم الدين.

والله ولى التوفيق،،،،،،،،

المؤلف

قائمة محتويات الكتاب

الموضوع		الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

الموضوع	الصفحة

قائمة الأشكال والصور

الشكل	رقم الصفحة

قائمة الجداول

الجدول	رقم الصفحة

الجدول	رقم الصفحة

الباب الأول

الزراعة الكيماوية والزراعة النظيفة

اعتمدت الثورة الخضراء في منتصف القرن الماضي على استخدام الكيماويات كالأسمدة المعدنية والمبيدات الصناعية في تحقيق طفرة في مجال الإنتاج الزراعي ولكن كان لذلك الكثير من المساوئ يمكن تلخيصها كالتالي:

1-1 مساوئ الزراعة الكيماوية

1 - تدهور خصوبة التربة

معلوم أن مكونات التربة خمسة: "المعدني - العضوي - المائي - الهوائي - الحيوي" ولكل مكون وظيفته وأهميته، ولقد أدى استخدام المبيدات إلى هدم المكون الحيوي والدور الكبير الذى تلعبه ميكروبات التربة فى تحقيق خصوبتها، كما أدى استخدام الأسمدة المعدنية إلى فقر التربة من المكون العضوى الذى يعتبر مخزن العناصر الغذائية ومهد الكائنات الدقيقة بالتربة، وبهدم هذين المكونين أصبحت التربة كالدابة العرجاء وبدأ استنزاف قواها وتدهور خصوبتها.

2- تلوث المصادر المائية

أيضاً معروف أن أنواع المياه أربعة (الحيوية - السطحية - الجوفية - المخزنة) ولقد أدى الاستخدام المفرط غير المحسوب فى الأسمدة والمبيدات إلى تلوث مياه الصرف وما تنتهي إليه من أنهار أو بحار أو مياه جوفية مما شجع حدوث ظاهرة الإغناء البيولوجى Eutrophication حيث تزايد نمو الطحالب والنباتات المائية Photoplanketon مستهلكة الأكسجين الحيوى على حساب الأسماك والقشريات المرغوبة مما يسبب موتها أو هجرتها، وبالتالى تصبح هذه المصادر المائية ميتة بيولوجيا Biological death.

3 - تلوث الهواء نتيجة تصاعد غازات الاحتباس الحرارى

حيث قام الإنسان خلال الخمسين عاماً الماضية بحقن حوالى 210.4 مليون طن مترى من مختلف أنواع المبيدات تنتج ملايين الأطنان من الغازات الضارة (جدول 1)، وكذا أضاف 4.203 مليار طن مترى أسمدة نتروجينية (كل طن ينتج 0.265 طن NO_x) وحوالى 3.051 مليار طن مترى من السوبر فوسفات (كل طن ينتج 0.607 طن P_2O_5) وهذه الأكاسيد النيتروجينية والفوسفورية والكبريتية تنطلق إما **بيولوجيا** بواسطة كائنات التربة (عمليات التأزت والدنترة وأكسدة الكبريت واختزال الفوسفات)، أو **كيماويا** عن طريق عمليات الأكسدة الفوتوكيميائية، وتتراكم هذه الأكاسيد فى طبقة الإستراتوسفير ثانى طبقات الغلاف الجوى مكوناً ما تشبه الغلالة التى تمنع نفاذ أشعة الشمس المنعكسة من سطح الأرض مما يسبب ارتفاع درجة حرارة الكون Global warming وما يتبعه من ذوبان الجليد القطبى وارتفاع منسوب المحيطات والبحار ومخاطر غرق دلتا كثير من الأنهار واختلال خريطة توزيع الأمطار عالمياً. ولقد ثبت أن غاز بروميد الميثيل وهو أحد المبيدات الغازية أقوى 30 ضعفا من مركبات الكلوروفلور كربون المسئولة الأولى عن استنزاف طبقة الأوزون.

جدول (1): كمية غازات الصوبة التى يمكن ان تتولد من طن واحد من المبيدات فى البيئة

المبيد	كمية الغازات التى يمكن أن تتلد (بالبطن)				
	ثاني أكسيد كربون	ثاني أكسيد كبريت	ثاني أكسيد نتروچين	ثاني أكسيد فوسفور	كلور
الديكارب	1.6	0.34	0.48	--	--
الدرين	1.4	--	--	--	0.58
هبتاكلور	2.4	--	0.15	--	0.1
دانيترو امين	1.5	0.16	0.57	--	--
لبتوفوس	1.4	0.47	--	0.17	--
سترولين	1.3	--	0.17	0.26	--

المصدر: بنك المعلومات البيئية.

4 - تأثيرها على الصحة العامة Public health

حيث ثبت أن المبيدات الكيماوية لها خاصية التراكم الذاتى فى السلسلة الغذائية بدءًا من الكائنات الدقيقة ثم أنسجة النبات والحيوان، وأخيراً الإنسان على قمة السلسلة حيث وجدت آثار للمبيدات فى ألبان الأمهات المرضعات، وهذا يفسر تزايد حالات الإصابة بالسرطان والفشل الكلوى والكبدى وحالات تشوه الأجنة والإجهاض والصرع .

5 - ظاهرة التصحر Desertation

ويعنى بها تدهور إنتاجية التربة سواء كانت مراعى طبيعية أو أرضًا مزروعة بالمحاصيل المختلفة، حيث دُمِّرت الغابات بسبب الأمطار الحامضية وقُطعت الأشجار للتصنيع وتفككت الطبقة السطحية للتربة وزاد انجرافها، وارتفعت نسبة الملوحة والحموضة ودمرت الثروة الحيوانية بالرعى الجائر والصيد المجنون وقُضى على الحشرات النافعة.

6 - استنزاف الموارد المائية نتيجة تكثيف الزراعة

حيث تزرع الأرض الآن بأكثر من ثلاثة محاصيل سنويا كما يتم تحميل بعض المحاصيل على محاصيل أخرى مما يتطلب احتياجات مائية عالية أدت إلى خلط مياه الرى بمياه الصرف الزراعى أو الصناعى أو الصحى لتوفير المياه اللازمة، مما انعكس على تراكم الأملاح بالتربة وتزايد ظاهرة تطبيل التربة.

7 - اختفاء الأصول الوراثية لكثير من النباتات والحيوانات

حتى أن هناك أكثر من 10 آلاف نوع من النبات ومثلها من الحيوانات سواء طيور برية أو حشرات نافعة أو حيوانات مستأنسة قد اندثر أو كاد؛ ولذا سارعت الدول مؤخراً الى إنشاء بنوك للأصول الوراثية وإنشاء محميات طبيعية برغم تكلفتها المرتفعة .

8 - تزايد اتساع الفجوة الغذائية

وذلك يدل على فشل الزراعة الكيماوية فى توفير الغذاء، وكما يتضح من الجدول التالى (جدول 2) فإن الهوة ما زالت سحيقة والفجوة واضحة فى إنتاجية

الحبـوب مثل القـمح والذرة والمنتجـات الأساسيـة مثل السكر والـزيوت والألبان واللحوم فى العالم العربى، وبرغم كل الجهود المبذولة والدعم المتزايد فلقد وصلت تكاليف هـذه الفـجـوة 10.2 & 10.9 مليـــار دولار عـامى 1992، 1993 على التوالى.

جدول (2): نسبة الاكتفاء الذاتى وتكاليف الفجوة الغذائية فى الوطن العربى 1992، 1993

المادة الغذائية	1992 مليون دولار	1993 مليون دولار	اكتفاء ذاتى %
الحبوب	4672.7	4748.9	59.4
القمح	1943.9	2249.5	60.6
الذرة الشامية	581.8	536.8	57.2
الشعير	299,1	457.8	71.5
الأرز	887.4	719.5	67.4
السكـر	991.3	1114.7	41.7
بقوليات	201.1	226.4	70.8
خضـر	164.1	361.2	98.8
فاكهـة	83.2	89.2	98.8
زيوت نباتية	1353.6	1304.8	33.8
لحوم حمراء	619.9	657.9	83
لحوم ودواجن	583.8	592.6	86.8
ألبان	2161.3	2183.1	77
بيــض	81.4	98.2	61.7
أسمـاك	72.2	56.3	94.8
إجمالي الفجوة	10195.6	10945.9	

ومما سبق ينصح بـضرورة الاتجاه إلى الزراعـة البيولوجـية العضـوية المعدلة (النظيفة) مهما كانت التكاليف .

2-1 مزايا الزراعة النظيفة

1 - المحافظة على خصوبة التربة وعناصرها الغذائية

ثبت أن ما يفقد من عناصر التـربة الغذائية خاصة K, P, N فى حالة المزارع النظيفـة نصف المزارع الكيمـاوية، وهذا ما أكـدته البحوث التـى أجريت على 14 مزرعة نظـيفة، 16 مزرعة صنـاعية، حيث وجد أن كـمية النتروجين المـفقودة من الهكتـار يعـادل 124 كـجم/ هكتـــار فى المزارع النظيـفـة بينـمـا تصل إلى 240 كجم/ هكتار فى المزارع الكيماوية.

كما أن كـفاءة استخـدام النتروجين تزيد 25% فى حالة المزارع النظيـفة عن الأخرى، ففى تجربة عن مدى رشح النترات من كلتا التربتين وجد أن المياه الراشحة من الزراعة النظيفة بها 9 – 48 مللجم نترات / لتر مياه بينما وصلت إلى 66-35 مللجم نترات/ لتـر مياه راشح تربة زراعـة كيماوية، ويرجع ذلك إلى زيادة السـعة التبادلية الكاتيونية فى أراضى الزراعة النظيفة .

ومما لا يخفى على أحد مميزات زيادة المحتـوى العضوى فى التربة التى تؤدى إلى زيادة السعـة المائية الحقلية والرطوبـة الميسرة والسعـة التبادلية الكاتيـونية CEC وزيادة التحبب Aggregates وبالتالى المسامية والتهوية وأيضاً زيادة القدرة التنظيمية Buffer capacity للتربة وزيادة أعداد ميكروبات التربة (بكتيريا – أكتينوميسيتات – فطريات – طحالب) كـما ونوعاً حيث تعـتبر المياه العضـوية هى المهد الذى يأوى ميكروبات التربة. وهذا كله يـنعكس فى النهاية على زيادة تيسير العناصـر الغذائية الكبرى والصغرى اللازمة لنمو النباتات وزيادة الإنتاجية المحصولية.

2 - توفير الطاقة المستهلكة فى إنتاج الأسمدة الكيماوية وإنتاج المبيدات

سواء كانت طاقة كهربية أو طاقة طبيـعية كالفحم الحجري أو البترول، وهذا يعنى توفير عـوادم الحرق الملوثة للبيئة من ناحيـة وترشيد مصادر الطاقة وتكـلفتها المادية من ناحية أخرى.

وقد وجد أن كمية الطاقة المستخدمة فى الزراعات العضوية تساوى 25% من المستخـدمة فى الزراعات الكيمـاوية فى بريطانيا، كما أن هكتـار الذرة يحتاج إلى

مبيدات حشائش تقدر الطاقة اللازمة لإنتاجها 700.000 كيلو كالورى/ هكتار، بينما لا تحتاج الزراعات العضوية أية مبيدات (عبد الجواد 1997).

3- التنوع البيولوجي

معروف أن إضافة المبيدات تؤثر سلباً بوضوح على المكون الحيوى للتربة سواء كائنات دقيقة كالبكتيريا والفطريات والطحالب أو حشرات نافعة مثل فرس النبى وأسد المن وأبو العيد والنحل أو طيور كأبى قردان وخلافه، بينما توجد علاقة طردية واضحة بين المحتوى العضوى وزيادة ميكروبات التربة كمًّا ونوعاً، ومن الثوابت أنه كلما زاد التنوع البيولوجى زاد ثبات التربة كنظام بيئى Ecosystem فالأراضى المنزرعة بعدة محاصيل مختلفة وغنية بأنواع مختلفة من الكائنات الحية تكون أكثر ثباتاً ومقاومة للأمراض والآفات الضارة من نظيرتها المنزرعة بمحصول واحد أو يسود بها نوع واحد من الكائنات الحية .

4 - العائد المادى

ثبت أن العائد المادى والعائد البيئى المستقبلى يفوق العائد الاقتصادى قصير الأجل، حيث يبدو ظاهريا أن إنتاج المزارع النظيفة يقل 1-3% عن المزارع الصناعية خاصة فى الأعوام الأولى ولحين حدوث اتزان بيئى وحيوى فى المزرعة بينما فى الأراضي الزراعية الجديدة لم تلاحظ تلك الظاهرة، ولقد أثبت أن كل دولار يصرف على حماية البيئة من التلوث هو استثمار ذو عائد اقتصادى ما بين 3-4 دولارات حسب المعايير العالمية .

كما أن الإفراط فى استخدام الكيماويات فى الزراعة أدى إلى رفض كثير من الصادرات مما يؤثر على الدخل القومى، بينما الزراعة النظيفة تزيد فرص الشحنات المصدرة على المنافسة فى الأسواق الخارجية .

5 - الأمن الغذائى

حيث يزداد تعداد سكان العالم زيادة مضطردة، ويتوقع أن يصل إلى 10 مليار إنسان عام 2025، مع انخفاض الدخل السنوى للفرد عن واحد دولار/ يوم

لنحو 1.2 مليـون إنسان يعـانى نصفهـم من الجوع والنصف الآخـر سوء التـغذية ومعظمهم (75%) يعيشون فى أفريقيا وآسيا، كما أن هجرة السكان من الريف إلى الحضر يمثل خطراً ونـدرة فى العمالة الزراعية، وكـذا نقص المياه تؤدى إلى تدهور وانخفـاض إنتاجية الأرض الزراعـية، وقطع الغابات يؤثر علـى التوازنات البيئـية ويعمّق ظاهرة التصحر، وبالتالي فإن الأمل معقود على الزراعة المعدلة أي النباتات المحورة وراثيًا لضمان زيادة الإنتاج وجودته ومقاومة الآفات والحشرات بيولوجيًا.



الباب الثاني

الزراعة المعدلة
التقنية الحيوية فى مجال النبات

تختلف النباتات التى نستخدمها الآن فى حياتنا اليومية كلية عن تلك الأصول التى كانت موجودة فى الطبيعة Wild type نتيجة عمليات الانتخاب والتغيير فى طبيعة النباتات المنزرعة من أجل زيادة الإنتاجية أو تحسين نوعيتها .

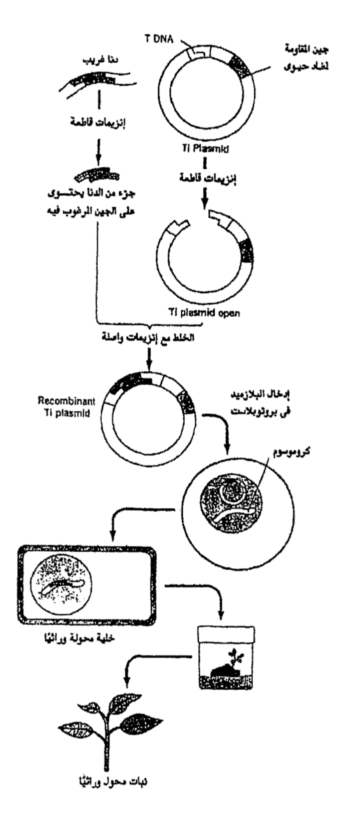
وعلى الرغم من أن الانتخاب قد أحدث تطوراً كبيراً فى نوعية النباتات المنزرعة إلا أن التقدم الذى أحدثته النباتات والمحاصيل المحسنة بالطرق الحديثة مثل الهندسة الوراثية والتحور الوراثى يعتبر تقدماً غير مسبوق للبشرية وله آثاره العظيمة على الإنتاج كمًا ونوعاً، مما دعا البعض لإطلاق مسمى الزراعة المعدلة عليها أى النباتات المحورة أو المعدلة أو المهندسة وراثيًا.

1-2 كيفية إنتاج النباتات أو المحاصيل المعدلة وراثيا

عملية التحور الوراثى أو الهندسة الوراثية هى عملية حذف أو إضافة أو استزراع (Cloning) مواد وراثية أو چينات (وهى عبارة عن جزء من الدنا DNA الحامل لصفة أو أكثر) بين الكائنات المختلفة بغرض تغيير صفة معينة أو مجموعة من صفات هذه الكائنات من أجل إنتاج مواد مفيدة أو تحسين نوعية الموجود لرفع كفاءته الإنتاجية .

وعملية التحور الوراثى لها ثلاثة أركان رئيسة (شكل رقم 1)

الركن الأول الخلية المعطية Donor حيث يتم تحديد الچين المسئول عن الصفة المرغوبة مثل مقاومة حشرة أو مرض ما أو ظرف سيئ كالجفاف والملوحة مثلاً، ثم قطع هذا الچين باستخدام إنزيمات القطع المختلفة Restriction enzymes.



شكل (1) ملخص خطوات استعمال الهندسة الوراثية فى تحويل النباتات وراثيا

الركن الثانى العنصر الناقل Vector حيث يتم إدخال أو إيلاج المادة الوراثية أو الجين المرغـوب فى الناقل المناسب ولصقـه بإنزيمات اللصق Ligases وبالتـالى نـحـصـل على الدنا المـعـدل أو المـطعم Recombinant DNA بغـرض إكثـاره (مضـاعـفة عـدد نسخ الجين) والعناصر الناقلة إما بلازميدات أو فاجات أو كوزميدات تتميز جميعاً ببساطة وقـصر السلسلة النيوكليوتيدية وبعمر جيل قصير لسرعة إكثار الجين المرغوب واحتوائها على منشأ للتناسخ Ori ليسمح بعـملية التناسخ، ولكنها تختلـف فى قدرتها على حمل الجينات وأشهرها :

- **البلازمـيدات** وتوجد فى البكتـيريا وهى دنا حلقى الشكل يوجـد خارج كروموسوم الخليـة، ويتراوح طوله ما بين 2 - 200 Kbp (كيلو زوج من القواعد) وتحتوى على جينات مسئولة عن صفة المقاومة للمضادات الحيوية وتتناسخ مستقلة عن كروموسوم الخلية، وتستطيع حمل جين حتى 4 Kbp (سعة الحمل ضعيفة).
- **الفيروسات والفاجات** (مثل فاج لامبدا λ) الذى يحتوى على كروموسوم طوله 48.5 Kbp وله القدرة على حمل قطعة دنا غريـبة قد تصـل إلى 15 Kbp .
- **الكوزميدات** Cosmids هى هجين بين البلازمـيد والفاج وتتميـز بقدرتها على حمل دنا غريب قد يصل إلى ثلاثة أضعاف قدرة الفاج (45 Kbp).
- **اليــاك** وهو الكروموسوم الاصطناعى للخمـيرة ويحمل قطعة دنا غريب تصل إلى 150 - 200 Kbp.

الركن الثالث وهو الخلية المستقبلة Acceptor وهى خلايا النبات أو الحيوان أو الميكروب المطلوب تحـويره أو هندستـه وراثيا حيث تـنتقل إليها المادة الوراثية المعدلة (الدنا المطعم).

ولكى تتم عملية النقل فى النبات يجب أن تعامل الخلايا المستقبلة لإزالة جدارها الخلوى المكون أساساً من السليلوز، وذلك إما إنزيميا أو ميكانيكيا بالرج أو التجميد ثم يتم إدخال الدنا المعدل Recombinant DNA إلى البروتوبلاست المستقبل

وهناك طرق مختلفة لعملية الإدخال منها (شكل رقم 2)

أولاً: الطرق الطبيعية مثل:

أ) **الأجروبكتريا:** وهو نوع من البكتريا الممرضة للنبات يعرف باسم *Agrobacterium tumefaciens* . تستطيع أن تخترق جدر خلايا الجذور النباتية وتقوم بإفراغ مادتها الوراثية بداخلها والتى تتكاثر محدثة تورماً أو انتفاخاً مرضيًّا، وقد تمت الاستفادة من قدرتها على اختراق جدر خلايا النبات بالحصول على البلازميد البكتيرى منها ويزال منه الجين المسبب للتورم (Tumour inducing gene, Ti) ويحل محله الجين المرغوب والمراد إدخاله داخل خلية النبات، ويعاد البلازميد المعدل (المؤشب) إلى داخل خلايا الأجروبكتيريا لإكثاره ثم إدخاله داخل النبات المراد تحويره .

ب) **الفيروسات:** مثل فيروس موزيك الدخان TMV أو الفاجات البكتيرية مثل فاج لمبدا λ حيث تستخلص مادتها الوراثية (غالباً الرنا RNA)، ويتم الحصول على الدنا الفيروسى من عملية النسخ العكسى ثم يضاف الجين المرغوب داخله للحصول على الدنا المطعم (المؤشب) داخل الفيروس والذى يحقن بدوره داخل خلايا النبات المراد تحويره وراثيا.

ثانيا: الطرق الصناعية

أ - طريقة الحقن الدقيق Microinjection

حيث يتم حقن العنصر الناقل المطعم بالجين المرغوب (Recombinant DNA) بصورة مباشرة داخل الخلايا النباتية باستخدام أنبوب زجاجى رفيع جداً يشبه سن إبرة السرنجات الطبية وهى تقنية معقدة ومزعجة.

ب - طريقة الصدمة الكهربية Electroporation

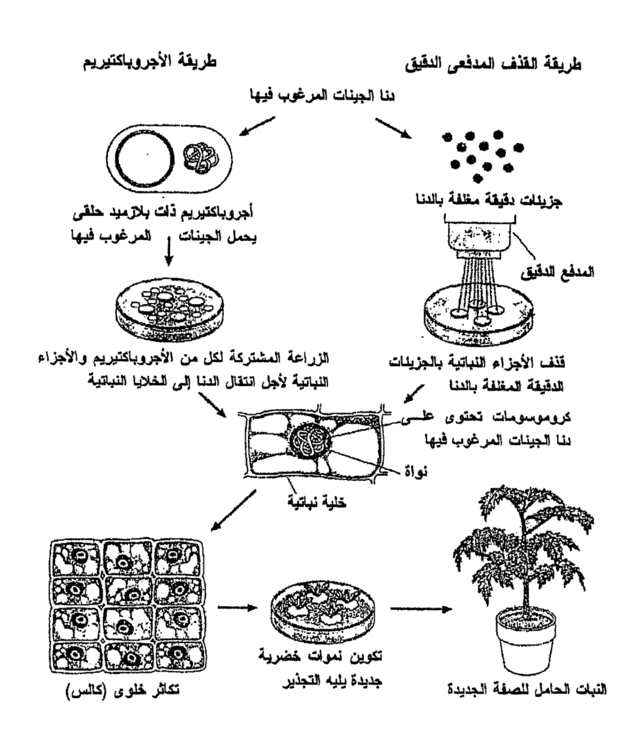
حيث تتم إزالة جدار الخلايا النباتيــة لنحصل على البروتوبلازم (خلايا بدون جدار خلوى) وتوضع مع البــلازميد المطعم المرغوب نقله للنبــات فى وسط شحنة كهربية عــالية (حوالى 2.5 كيلو فولت) والتى تساعــد على مرور الدنا المعدل إلى داخل الخلية النباتية .

جـ - بندقية أو مدفع DNA

حيث تم خلط الدنا المطعم المراد نقله داخل الخلايا النباتيــة مع جسيمات دقيقة (قطرها 22 nm) من مادة التنجستين أو الذهب وتقــذف باتجاه الخلايا النباتية فى معلق الخــلايا حيث تحدث هذه الجســيمات ثقــوباً فى الغشاء السيــتوبلازمى مما يسمح بمرور الدنا المعدل إلى الخلايا المستقبلة وتصبح جزءاً من محتواها الوراثى .

تقنية زراعة الأنسجة

أي تنمية الخــلايا المعدلة أو المحورة على وسط غذائى مناســب يحتوى على جميع العــناصر الغذائية اللازمة وأيــضاً الهرمونات والمضادات الحــيوية، وذلك فى أنابيب أو برطمانات زجاجــية وتحضينه فى غرف أو حضانــات متحكم فى الحرارة والرطوبة والتهوية والإضاءة، وتتوقف طبيعــة النمو فى مزارع الأنسجة على تركيز الهرمونات فى بيئة النمو حيث يكون النــمو غير متميز undifferentiated (تتكون كتلة من الخلايا تسمى كالوس) بوضع Explant فى بيئة تحتــوى على تركيز مرتفع نسبيــا من الأوكسين ومنخفض من الســيتوكينين والعكس يمكن تشــجيع تكوين نمو متميز differentiated (تكوين نموات خضرية أو جذور أو أجنة كاملة) بزيادة تركيز السيتوكــينينات وخفض الأوكسينات فى بيئة النمــو، حتى يتكون النبات الكامل ثم ينقل إلى الصوب فى أصص متدرجة حتى تصل إلى الحقل، وبالتالي نحصل على نبات محور وراثيا؛ تجرى عليه كافة التجارب والقياسات العالمية للتأكد من كفاءته وقيامه بالوظيفة المطلوبة ومن مطابقته لمعايير الأمان الحيوى.



شكل (2) مقارنة بين التحول الوراثي بطريقتي القذف المدفعي الدقيق والأجروباكتيريم (عن Chrispeels & Sadava ٢٠٠٣)

أهمية مزارع الأنسجة

* التغلب على حالات عدم التوافق الجنسي بأسلوب مزارع النباتات الأحادية (المتوك –حبوب اللقاح– المبايض – البويضات).
* إنتاج الهجين السيتوبلازمى Cytoplasmic hybrids.
* زيادة المحتوى النباتى من الألكالويدات ومنتجات الأيض الثانوية.
* إنتاج ثمار بكرية العقد باستخدام الطفرات.
* الحصول على تباينات تتحمل الظروف البيئية القاسية مثل البرودة والحرارة المرتفعة والشد الرطوبى (الجفاف) والملوحة (جدول 3).
* مقاومة الأمراض بالانتخاب فى مزارع الأنسجة (جدول 4)

جدول (3) أمثلة لحالات انتخاب في مزارع الأنسجة لبعض ظروف الشد البيئي (عن Remotii ١٩٩٨)

النوع	طبيعة التحمل الذى تحقق من خلال مزارع الأنسجة
Sorghum bicolor	تحمل الأرض الحامضية
Daucus carota	تحمل الألومنيوم
Nicotiana plumbaginifolia	تحمل الألومنيوم
Oryza sativa	تحمل الألومنيوم
Solanum tuberosum	تحمل الألومنيوم
Datura innoxia	تحمل الكادميوم
Nicotiana tabacum	تحمل الكادميوم
Oryza sativa	تحمل الكادميوم
	تحمل الشدّ الرطوبى
Triticum durum	تحمل الشدّ الرطوبى
Triticum aesativum	تحمل الشدّ الرطوبى، وتحمل الحرارة العالية
Gossypium hirsutum	تحمل الحرارة العالية (٣٨ْم)
Cucumis melo	القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (١٤ْم)
Linum usitatissimum	القدرة على الإنبات فى الحرارة المنخفضة (٥–٨م)
Medicago sativa	تحمل التجمد (–١٦ْم)
Oryza sativa	تحمل البرودة (٥–١٠ْم)
Trifolium pretense	تحمل التجمد (–١٠ْم)
T. aestivum	تحمل التجمد (–١٣ْم)
Zea mays	تحمل البرودة (٤ْم)
Beta vulgaris	تحمل الأشعة فوق البنفسجية UV-B

جدول (4) قائمة بأنواع محصولية مقاومة للأمراض حُصل عليها بالانتخاب في مزارع الأنسجة (عن Chawla ٢٠٠٠)

النبات	المسبب المرضى	وسيلة الانتخاب
زيت اللفت	*Phoua lingam, Alternaria brassicicola*	راشح المزرعة
الأرز	*Helminthosporium oryzae*	السُم ذاته
	Xanthomonas oryzae	الخلايا البكتيرية
الشعير	*Helminthosporium sativum*	السُم ذاته
	Fusarium spp.	حامض الفيوزاريك
الذرة	*Helminthosporium maydis*	السُم Hm
الشوفان	*Helminthosporium victoriae*	الفيكتورين
القمح	*Helminthosporium sativum, Fusarium graminearum*	السُم ذاته
	Pseudomonas syringae	Syringomycin
قصب السكر	*Helminthosporium sacchari*	السُم
التبغ	*Pseudomonas syringae* pv. *tabaci*	Methionine sulfoximine
	Alternaria alternata; P. syringae pv. *tabaci*	السُم
	Tobacco mosaic virus	الفيرس
	Fusarium oxysporum f. sp. *nicotianae*	راشح المزرعة
البطاطس	*Phytophthora infestans, Fusarium oxysporum*	راشح المزرعة
	Erwinia carotovora	البكتيريا
البرسيم الحجازى	*F. oxysporum* f. sp. *medicagnis*	راشح المزرعة
الطماطم	Tobacco mosaic virus	الفيرس
	Pseudomonas solanacearum	راشح المزرعة
الباذنجان	*Verticillium dahliae*	راشح المزرعة
	Little leaf disease	الكائن المرض
الخوخ	*Xanthomonas campestris* pv. *pruni*	راشح المزرعة
الأفيون	*Verticillium albo-atrum*	راشح المزرعة
الكرفس	*Septoria apiicola*	راشح المزرعة

2-2- تطبيقات التقنية الحيوية في المجال الزراعي

2-2-1- مقاومة الإصابة الحشرية

تزرع النباتات منذ آلاف السنين للاستفادة منها فى الصور المختلفة، والمشكلة التي تواجه هذه الزراعات باستمرار هو الإصابات الحشرية، وحتى وقت قريب كان من الطبيعي أن تزرع ضعف الكمية المطلوبة من التقاوي لأن الحشرة عادة ما كانت تأكل نصف المحصول، وعلى الرغم من وجود الطرق المختلفة من التحكم والمقاومة فإن نسبة حوالي 40% من غذاء العالم يفقد بسبب الإصابة بالآفات والأمراض؛ ولذلك لجأ الإنسان إلى استخدام المبيدات الحشرية ذات الفاعلية الشديدة، ولكنها أدت إلى أضرار شديدة على صحة الإنسان والبيئة التى يعيش فيها؛ ولذلك يلجأ الإنسان إلى طرق مختلفة من المقاومة وهى كما يلى:

2-2-1-1- تعقيم الذكور

عرف الإنسان منذ عدة سنوات طريقة فعالة لمقاومة الحشرات عن طريق وقف دورة حياتها وذلك من خلال عملية التكاثر، وإحدى هذه الطرق الفعالة هو استخدام التقنية الحيوية لنطلق فى الطبيعة آلافا من الذكور العقيمة فى المناطق الموبوءة فتعامل ذكور الحشرات في المعمل بالإشعاع أو معاملات تجعلها غير مخصبة وعادة هذه المعاملة لا تؤثر فى قدرتها على إتمام عملية التزاوج؛ ولذلك فعندما تتزاوج الذكور العقيمة مع الإناث البرية لا تعطى أي نسل ويمكن التخلص من أي آفة حشرية عن طريق تشبيع المنطقة بتلك الذكور العقيمة.

ولقد سجلت إحدى حالات النجاح باستخدام تلك الطريقة عندما أمكن القضاء على آفة حشرية فى المنطقة الجنوبية الشرقية من الولايات المتحدة تعرف باسم Boll weevils؛ حيث إنها خلال القرن العشرين كانت تشكل خطرا جسيما وتسبب أضرارا لمحصول القطن فى تلك المنطقة، وكان يُنفق ملايين من الدولارات كل عام على المبيدات الحشرية اللازمة للقضاء على تلك الحشرة، وفى الفترة الأخيرة من ذلك القرن تركزت الجهود على جعل المنطقة الجنوبية مشبعة بالذكور العقيمة، وبالفعل نجحت الطريقة فى القضاء على تلك الحشرة، وأيضاً نجحت فى

القضاء والتخلص من حشرة أخرى ظهرت فى تلك الفترة وعرفت باسم الديدان الحلزونية Screwworms وهى أيضاً كانت تمثل خطرا كبيرا على الزراعات فى نفس المنطقة، وتعتبر هذه الطريقة فى المعاملة من أفضل الطرق حيث إنها لم توفر فقط النقود كل عام ولكنها أيضاً تحافظ على البيئة لأنها قللت من استخدام المبيدات المستخدمة فى تلك المنطقة .

2-1-2-2 المبيدات الميكروبية

وهى تعنى استخدام الميكروبات خاصة بكتيريا *Bacillus thuringiensis* والتى تعرف باسم الـ Bt كمبيد للتغلب على الإصابة الحشرية وهى بكتريا تعيش فى التربة، ولقد عرفت تلك البكتيريا منذ عدة سنين وعرفت بقدرتها العالية على قتل الحشرات، ولقد تم اكتشافها بواسطة العالم بيرلينز عام 1911 عندما وجد العلماء أن السموم التى تنتجها تلك الحشرة تذوب فى أمعاء اليرقات وتشل المعدة، وبالتالي توقف عملية الهضم داخل بعض الحشرات، ووجد أيضاً أن تلك السموم غير ضارة وغير سامة للثدييات والحيوانات مثل الطيور والإنسان وغيرها، حيث إن بروتين البكتيريا يتصل بالجدار الخلوى للجهاز الهضمى للحشرة ويحدث له نزيف داخلى، بينما هذا التفاعل لا يحدث فى الثدييات نظراً للطبيعة الحامضية للقناة الهضمية فى الثدييات؛ ولذلك استنتج أن الطبيعة القلوية للحشرة هى التى تسمح لبروتين الحشرة أن يعمل ويقتل الحشرة .

وقد استخدمت الـ Bt وما زالت تستخدم كوسيلة عضوية فعالة لمقاومة الحشرات، ولقد اكتشفت أكثر من 280 سلالة مختلفة من تلك البكتيريا، وكثير منها ينتج سموما مختلفة قاتلة للحشرات، فعلى سبيل المثال فبعض هذه السموم قاتلة للحفارات وأخرى للخنافس وأخرى للذباب، ومازال عدد كبير من المنتجين والزرّاع يشترون كمية كبيرة من هذه المبيدات الحيوية؛ نظراً لأن استخدام المبيدات الحيوية أكثر أماناً للبيئة، إلا أن هناك مشاكل كثيرة تحد من استخدام المبيدات الحيوية فى عملية المقاومة منها:

أ - أكبر مشكلة تواجه تلك المبيدات هو أنها تتحلل بسرعة كبيرة وبخاصة عندما تتعرض لضوء الشمس، وعلى الرغم من أن المزارع الذى يستخدم المبيدات الحيوية يعتبر أن هذه الخاصية من المميزات الكبرى لأنها تخلص البيئة من الآثار الضارة بسرعة، إلا أن كبار المنتجين يعتبرون أن هذه المعاملة غير كافية لأن المبيد يتحلل حتى أثناء المعاملة ويصبح غير فعال، وبالتالى يزول تأثيره، ومن ثمّ يتعرض النبات للضرر والإصابة بالحشرة مرة أخرى.

ب - أيضاً من هذه المشاكل التى تواجه المنتج المستخدم لمبيد الـ Bt هو أن الرش بالمبيد قد يكون غير فعال، لأنه لا يصل إلى مكان تواجد الحشرة، فمثلاً إذا كانت الحشرة تأكل الأوراق فإن الرش بالمبيد عادة ما يكون سطحيا لتغطية سطح الورقة، وتظهر المشكلة إذا كانت أوراق النبات سميكة جدا، لدرجة أن الرش لا يصل إلى كل الأوراق وتصبح المشكلة أكبر إذا كانت الحشرة تصيب الجذور مما يجعل وصول المبيد للحشرة غير ممكن، وأيضاً إذا تواجدت الحشرة داخل السيقان، والرش السطحى قد لا يصل إليها .

جـ - المدى العوائلى المتخصص، حيث تُهاجم المحاصيل أحيانا بأكثر من نوع واحد من الآفات المستهدف مكافحتها مما دعا العلماء إلى محاولة التحور المباشر فى بكتيريا .Bt لإعطاء مدى عوائلى عريض أو استخدام البكتيريا المحورة وراثيا التى تستعمر النظام الوعائى للنبات المعروفة بـ Endophytes حيث توصل التوكسين لمكان الآفات التى تتغذى داخليا، هذه المشاكل تساهم فى تعميق رفض المزارعين لاستخدام Bt كمبيد حيوى .

3-1-2-2 - النباتات المعدلة وراثياً لمقاومة للحشرات

إن من أعظم إنجازات التقنية الحيوية فى مجال علم النبات هو الذى حدث عن طريق إنتاج نباتات محورة وراثياً محتوية على نظام داخلى مقاوم للحشرات، والنباتات المحورة وراثيا هى تلك النباتات التى تم نقل مادة وراثية لها من كائن

آخر، وهذه المادة قد تأتى من أى كائن من أي نوع حتى ولو كان من خارج المملكة النباتية وليكن بكتريا أو فطر أو بروتوزوا مـثلاً. والجدول التالى (رقم 5) يستعرض العديد من الجينات ذات الأصل النباتى التى استخدمت فى مقاومة الحشرات.

جدول (5) الجينات ذات الأصل النباتى التى استخدمت فى مقاومة الحشرات (عن Slater ٢٠٠٠)

الجين النباتي	البروتين الذي يشفر له الجين	مصدر الجين	الحشرات التي يؤثر فيها	النباتات التي حولت وراثيًا
Protease inhibitors	***Inhibited protease***			
C-II	Serine protease	فول الصويا	Coleoptera, Lepidoptera	لفت الزيت والحور والبطاطس والتبغ
CMe	Trypsin	الشعير	Lepidoptera	التبغ
CMTI	Trypsin	الكوسة	Lepidoptera	التبغ
CpTI	Trypsin	اللوبيا	Coleoptera, Lepidoptera	التفاح والخس ولفت الزيت، والبطاطس والأرز والفراولة ودوار الشمس والبطاطا والتبغ والطماطم والقمح
14K-CI	Bifunctional serine Protease and α-amylase	الحبوب		التبغ
MTI-2	Serine protease	المسترد	Lepidoptera	الـ Arabidopsis والتبغ
OC-I	Cysteine protease	الأرز	Coleoptera, Homoptera	لفت الزيت والحور والتبغ
PI-IV	Serine protease	فول الصويا	Lepidoptera	البطاطس والتبغ
Pot PI-I	Proteinase	البطاطس	Lepidoptera, Orthoptera	البيتونيا والتبغ
Pot PI-II	Proteinase	البطاطس	Lepidoptera, Orthoptera	البتولا والخس والأرز والتبغ
KTI3, SKTI	Kunitz trypsin	فول الصويا	Lepidoptera	البطاطس والتبغ والأرز
PI-I	Proteinase	الطماطم	Lepidoptera	البرسيم الحجازى والتبغ والطماطم
PI-II	Proteinase	الطماطم	Lepidoptera	التبغ والطماطم
α-Amylase inhibitors				
α-AI-Pv	α-amylase	الفاصوليا	Coleoptera	فاصوليا أزوكي والبسلة والتبغ
WMAI-I	α-amylase	الحبوب	Lepidoptera	التبغ
14-K-CI	Bifunctional Serine protease and α-amylase	الحبوب		التبغ
Lectins				
GNA	Lectin	زهرة اللبن الثلجية	Homoptera, Lepidoptera	العنب ولفت الزيت والبطاطس و الأرز والبطاطا وقصب السكر ودوار الشمس والتبغ
p-lec	Lectin	البسلة	Homoptera, Lepidoptera	البطاطس والتبغ
WGA	Agglutinin	جنين القمح	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
Jacalin	Lectin	Jack fruit	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
Rice lectin	Lectin	الأرز	Lepidoptera, Coleoptera	الذرة
Others				
BCH	Chitinase	الفاصوليا	Homoptera, Lepidoptera	البطاطس
Peroxidase	Anionic peroxidase	التبغ	Lepidoptera, Coleoptera, Homoptera	الصمغ والتبغ والطماطم
Chitinase	Chitinase			لفت الزيت
TDC	Tryptophan decarboxylase	*Catharanthus roseus*	Homoptera	التبغ

ولقـد تمكن العلماء من إنتـاج قطن محـور وراثيًـا عن طريق قطع الچين أو الجزء من المادة الوراثية الخاص ببكتريا الـ .Bt ونقله إلى النبات العائل والملاحظ هنا أنه بالرغم من أن المادة الوراثية منقولة من نوع إلى نوع آخر إلا أنه يتم التعبير عنها فى النبات العائل مما جعل النبات نفسه ينتج السم الخاص بالبكتيريا، أى أنه أصبح ساماً للحشرات التى تهاجمه وبالتالى اكتسب النبات صفة المقاومة المرغوب فيها.

وأحد الأمثلة الهامة للمحاصيل المعدلة وراثياً باستخدام الـ .Bt هو فى نبات الذرة حيث إنه يصاب بإحـدى الآفات "ثاقبة الذرة الأوروبيـة" التى تسبب ضررا عظيمـا للمحـصول، وتعتـبر مـشكلة كبيـرة فى المناطق التى تزرع فيـها لصـعوبة مقاومتها؛ لأن اليرقات تدخل إلى السيقان وتسبب ضررا شديدا للنبات لأنها تكون مختفـية ومحمية داخل النبات، والرش السطحى لا يصل إليـها. والنباتات المعدلة وراثياً الحاملة لچين الـ .Bt تكون سامة لتلك الحشرة الثاقبة، وبالتالى يصبح النبات مقاوماً لهذه الحشـرة، وقد توجد سلالات أخرى من چين الـ .Bt يمكن أن تساعد الذرة فى مقاومة أنواع أخرى من الحشرات مثل "يرقة كيزان الذرة"، وعلى الرغم من أن التـأثيـر ليس بنفس الدرجـة التى توصلـنا إليهـا فى حـالة "ثاقـبـة الذرة الأوروبية" إلا أنه ساعد كثيراً فى تقليل كمية المبيدات الحشرية المستخدمة.

ويوجد الآن مـلايين من الهكتارات المنزرعـة بتلك المحاصيل المحـورة وراثيا بچينات .Bt وهى ما زالت فى تزايد مـستمر مثل فـول الصويا والذرة والبطاطس والطماطم والتفـاح والأرز بالإضافة إلى بعض محاصيل الخـضروات، ومن المتوقع أن يدخل ذلك فى كل المحـاصيل ذات الأهميـة الاقتصـادية (جدولا رقم 6، 7). والعامل الرئيس فى إنتاج وتسويق المحاصيل المحورة وراثيا بالـ .Bt هو قبولها لدى المستهلك، فعلى سبيل المثـال تم إنتاج نباتات بطاطس محورة وراثيا بالـ .Bt وهذه النباتات لها القـدرة على مقاومة حشرة تعـرف باسم "خنفسة كلورادو للبطاطس" وعلى الرغم من أن البطاطس المنتجة أجـرى عليها جميع اختـبارات الأمان اللازمة مما يسمح لها بالاستخدام والاستهلاك الآدمى إلا أن عموم الناس المستهلكة لذلك المحصول لا تقـبل استخدام البطاطس المحـورة وراثيا كطعام؛ ولذلك فـإن الكمية المنتجة من ذلك المحصول المحور وراثيا قليلة جداً.

مميزات النباتات المحورة وراثيا لمقاومة الحشرات

1 - توفير ملايين من الدولارات التى تنفق على المبيدات.

2 - تجعل البيئة أكثر نظافة باستخدام كمية مبيدات أقل لحماية المحصول، وأيضا بوجود ذلك النظام الفعال داخل النبات لمقاومة أضرار الحشرة.

3 - انخفاض التكلفة اللازمة للعمالة ونفقات الوقود وتكلفة تشغيل الماكينات؛ ولذلك فإن تلك النباتات المحورة وراثياً لها تأثير فعال على المنتجين وبخاصة فى البلدان التى تستخدم كمية مبيدات كبيرة؛ لأنه نظراً لوجود ذلك النظام الداخلى الفعال فى داخل النبات أصبح شراء واستخدام المبيدات غير ضرورى .

4 - هناك فائدة أخرى غير مباشرة من استخدام محاصيل الـ .Bt المعدلة وراثيا مثل الذرة وفول الصويا حيث إنه يحدث انخفاض شديد ومعنوى فى كمية السموم الفطرية المفرزة على النباتات وهى سموم تفرز بواسطة الفطريات عندما تنمو على الحبوب والمواد المغذية وتسبب أضرارا بالغة على صحة الإنسان وتقلل أيضاً الفطريات التى تدخل إلى النباتات فى أماكن الشقوب التى تحدثها الحشرات المتغذية والتى تنمو وتنطلق منها جراثيم تفرز السموم الفطرية، أى أن وجود جين الـ .Bt يقلل من الضرر الحشرى ويصبح عدد الفتحات أقل فى النبات مما يقلل بالتالى من النموات الفطرية.

جدول (6) تحولات وراثية لمقاومة الحشرات اعتمدت على چينات Bt مخلقة (عن Mandaokar وآخرين ١٩٩٩)

النبات	الجين	بروتين الـ Bt (كنسبة مئوية من البروتين الذائب)	الحشرة المستهدفة
القطن	cry1Ab/ cry1Ac	0.1	*Heliothis zea* *Pectinophora gossypiella*
البطاطس	cry3A	0.3	*Leptinotarsa decemlineata*
الذرة	cry1Ab	0.17	*Ostrinia nubilalis*
الأرز (*japonica*)	cry1Ab	0.05	*Chilo suppressalis*
الأرز (*indica*)	cry1Ac	0.025	*Scirpophaga incertulas*
الطماطم	cry1Ab	0.3	*Heliothis zea*
التبغ	cry1Ab	0.03	*Heliothis virescens*
الباذنجان	cry1Ab	0.03	*Leucinodes orbonalis*
لفت الزيت	cry1Ac	0.4	*Plutella xylostella*
البرسيم الحجازى	cry1C	0.2	*Spodoptera litoralis*

جدول (7) الأصناف التجارية التى أنتجتها شركات التكنولوچيا الحيوية من بعض المحاصيل الاقتصادية الهامة (عن Slater وآخرين ٢٠٠٣)

الشركة	الصنف	بروتين الـ Bt	المحصول	الحشرات المستهدفة
Monsanto	New-Leaf	Cry3A	البطاطس	Colorado beetle
Monsanto	Bollgard	Cry1Ac	القطن	Tobacco budworm, cotton bollworm, pink bollworm
Monsanto	YieldGard	Cry1Ab	الذرة	European corn borer
Novartis	YieldGard Knockout			
Mycogen	NaturGard			
DeKalb	Br-Xtra	Cry1Ac	الذرة	European corn borer
Aventis	StarLink	Cry9C	الذرة	European corn borer
Mycogen Pioneer	Herculex 1	Cry1F	الذرة	European corn borer
Monsanto		Cry3Bb	الذرة	Corn rootworm larvae

2-2-2- المحاصيل المقاومة للحشائش

إن المشكلة التي تواجه المنتج دائماً وهى بنفس درجة خطورة الإصابة الحشرية هى الحشائش التي تتنافس مع المحاصيل من أجل التغذية والمساحة، وتعتبر الحشائش آفة من الآفات تماماً مثل الحشرات والكائنات المرضة حيث إنه ينفق كل عام ملايين من الدولارات لمحاولة تخفيض الآثار الضارة للحشائش على المنتجات الزراعية حيث إنها تضر كلا من الإنسان والحيوان بطرق مختلفة.

أضرار الإصابة بالحشائش

1- تنافس الحشائش المحاصيل المنزرعة على المواد الضرورية للنمو، فلو حدث وسمح لنمو الحشائش فإنها ستأخذ نصيبا كبيرا من المواد الغذائية التى كان من المفروض أن تذهب إلى المحصول مما يؤدى إلى ضياع مواد غذائية هامة على النبات، أيضاً الحشائش تتنافس مع المحاصيل على المساحة وضوء الشمس، فكثير من الحشائش تنمو أطول من نباتات المحصول نفسه مما يؤدى إلى أن يغطى ظلها النباتات فتقلل من شدة الضوء النافذ إلى المحصول والتى يستخدمها النبات فى التمثيل الضوئى مما يؤدى إلى نمو المحصول ببطء ويعطى إنتاجا أقل.

2- الحشائش تزيد من انتشار الحشرات والكائنات المرضة على المحاصيل، فهناك أنواع حشائش جاذبة للآفات والتى تكون ضارة بالمحصول؛ ولذلك فإن مقاومة الحشرات والأمراض لمحاصيل ينمو بينها حشائش يكون صعبا جداً؛ لأن على المنتج أن يعتني بالنبات ويقاوم الحشائش التى يمكن أن تكون عائلاً للعديد من الكائنات الممرضة ووسيلة لنشرها على المحاصيل النباتية .

3- الحشائش تسبب أيضاً عدم نقاوة المنتجات الزراعية؛ ففول الصويا المحتوى على بذور حشائش وبعض البذور يماثل فى الحجم والشكل بذور فول الصويا؛ ولذلك يصعب فصلها عن المحصول الأساسي، ومحصول القطن المصاب بالحشائش يحتوى على ملوثات كثيرة لابد

وأن يتم التخلص منها، وبعض بذور هذه الحشائش سام للحيوانات كل هذا يقلل بالطبع من قيمة المحاصيل المصابة.

الطرق المتبعة لمقاومة الحشائش

عملية مقاومة الحشائش مستمرة منذ زمن بعيد فقد استخدمت عدة طرق منها:

1 - الخلع اليدوى أو الطرق الميكانيكية التقليدية كالحرث والعزق، ومعظم هذه الطرق تحتاج عمالة كثيرة وأحياناً تسبب مشاكل للتربة الزراعية، كما أنه لابد أن يوضع فى الاعتبار الوقت المناسب للعزيق وطبيعة انتشار الجذور (سطحية أو عميقة) ونوع العزاقة تقليب بين الخطوط أو ذات الفرشاه Bruch weeder.

2 - استبدلت تلك الطرق فى الستينيات من القرن الماضي بمبيدات الحشائش ومعظمها فعال فى قتل الحشائش، والمشكلة تأتى أن مبيد الحشائش بالإضافة لقدرته على قتل الحشائش فإنه قد يؤذى المحصول الرئيس، وهذا الضرر يتراوح ما بين البسيط أو الضرر المركب، وبالطبع تكون النتائج غير جيدة إذا أدى التخلص من المبيد إلى قتل أو ضرر المحصول الرئيس.

ويوجد نوعان من مبيدات الحشائش

أ - أحدهما يسمى "بغير الاختيارية" وهى تقتل كل النباتات التى ترش عليها وغالباً ما تستخدم عندما يراد التخلص من كل المادة الخضراء.

ب - والنوع الثانى يسمى "بالاختيارية" حيث يتم التخلص فقط من الحشائش الضارة، وبالرغم من أن هذه المبيدات لها مميزاتها إلا أن لها كثيرا من المشاكل، فالرش بها مكلف والماكينات المستخدمة والوقود والعمالة هى تكلفة إضافية تضاف إلى تكلفة الإنتاج للمحاصيل، وأحيانا يصاب المحصول الواحد بالعديد من أنواع الحشائش وبذلك تصبح المشكلة مركبة، وتُصمم مبيدات الحشائش الاختيارية للتخلص

عـادة من نوع واحد من الحـشـائش، فـعلى سبـيل المثـال هناك بعض المبيدات تقتل فقط النباتات ذات الأوراق العريضة، وبالتالى عند معاملة النباتات المنزرعة ذات الأوراق الدقيقـة تكون فى مأمن، وأيضاً فى حالة العكس إذا كان مبـيد الحشائش يقتل النباتات ذات الأوراق الدقـيقة فإن المحاصيل ذات الأوراق العريضة لا تتـعرض لأى نوع من المشاكل، أما إذا أصيب الحـقل بنوعين من الحشـائش الضارة ذات الأوراق العـريضة والدقيقة فإن المشكلة يصعب حلها.

3 - استخدام النبـاتات المعدلة وراثيا لمقاومة الحشائش، حـيث تعتمد برامج الهندسة الوراثية لمقاومة مبيدات الحشائش على أحد أسلوبين:

أولا- إفقـاد مبيد الحشـائش لسميته Detoxification بنقل چينات للنباتات تتـحكم فى إنتاج إنزيمات تحـلل مبـيدات الحـشائش مـثل چين bar المعزول من بكتـيريا *streptomyces hygroscopicus* الذى ينتج إنزيم الفوسـفينوثيرسين أستـيل ترانسفيـريز الذى يحلل مبيدات الحـشائش المحتوية على الفوسفينوثيرسين ويفقدها سميتها

ثانيا- إدخال چينات لا تؤثر عليها مبـيدات الحشائش أى تعمل على إنتاج إنزيمات لا تتعرف عليها مبيـدات الحشائش، وبالتالى لا تقتل النباتات بفعل المبيد، فمادة الجلايفوسيت - المادة الفعالة لمبيدات مثل الرونداب Round up وتمبل ويد Tumble weed الواسـعـة المفـعـول ضـد الحشائش المعمرة والمقبولة بيئيا لعدم سميتها للحيوانات وسرعة تحللها بواسطة كائنات التـربة ويسـتهدف الجـلايفوسـيت إنزيم -EPSP synthase اخـتـصـار Enol-pyruvylshikimate 3-phosphate synthase الموجود فى البـلاستيـدات الخضـراء ويعد من الإنزيمات الرئيسـة لمسار Shikimate pathway الذى يتضمن تمثـيل الأحماض الأمـينية الآرومـاتية التـربتوفـان والفـينيل آلانين، ويؤدى نقل الچين الطفرى aro A المعزول من بكتـيريا *Salmonella typhimurium* إلى إنتاج إنزيم EPSPS محّـور لا يميزه الجلايفـوسيت، ومن ثم لا يؤثر

فـيه، ولقـد نجح العلماء فى إنـتاج أصناف من الذرة والقطن وفـول صويا والشلجم والتـبغ والطماطم والبيتونيـا مهندسة وراثياً مـقاومة؛ لذلك المبيد، حيث إنها تسمح بـإنتاج الأحماض الأمينية (التى يوقف إنتاجـها بواسطة المبـيد) عن طريق مـسار حيـوي جديد آخـر بصورة طبيعية باستخـدام ذلك الچين الجديد، وبالتالي تنتج جميع البروتينات الخاصـة بها بعيـدا عن تأثير المبيـد. ويلخص الجدولان التـاليان أهم الچينات المسئولة عن المقاومة لمبيدات الحـشائش واستعمالاتها (جدول 8) وأمثلة لحالات التـحول الوراثي فى العديد من المحاصـيل الزراعية لإنتاج أصناف متحملة لنوعيات مختلفة من مبيدات الحشائش بواسطة شركات البيوتكنولوجي (جدول 9).

جدول (8) الچينات المسئولة عن المقاومة لمبيدات الحشائش واستعمالاتها (عن Gressel ١٩٩٨)

الچين	المبيد المقاوَم	مصدر الچين	طبيعة المقاومة	المحاصيل المقاومة
AroA	Glyphosate	طفرة نباتية	موقع محدد للتأثير	فـول الصـويا – الـذرة – القطن – لفت الزيت
bar, pat	Glufosinate	بكتيريا	أيضى	الطماطم – بنجر السكر – القمـح – لفـت الزيـت – الأرز – البطاطس – الفول السـوداني – البرسـيم الحجازى – الذرة
csr1, ahas3r	Imidazolinone, Sulfonylurea, Triazopyrimidine	طفرة نباتية	موقع محدد للتأثير	الذرة – التبغ – الكتان – لفت الزيت
sulI	Asulam	بكتيريا	موقع محدد للتأثير	التبغ
	مثبطات الـ ACCase	طفرة مزارع أنسجة	موقع محدد للتأثير	الذرة
tfdA	2,4-D	بكتيريا	أيضى	القطن – التبغ
bxn	Bromoxynil	بكتيريا	أيضى	القطن
deh1	Dalapon	بكتيريا	أيضى	التبغ
	Isoxaben	نبات	غير معلوم	لا يوجد بعد
	Dichlobenil	نبات	غير معلوم	لا يوجد بعد
crt1	Pyridazinones	بكتيريا	موقع محدد للتأثير	التبغ
pcd	Phenmedipham	بكتيريا	أيضى	التبغ
psbA	Atrazine	نباتات	موقع محدد للتأثير	البطاطس – لفت الزيت – التبغ

جدول (9) امثلة لحالات التحول الوراثى التى أجريت بمعرفة مختلف شركات التكنولوجيا الحيوية فى مختلف المحاصيل الزراعية لأجل نُتاج أصناف جديدة قادرة على تحمل نوعيات مختلفة من مبيدات الحشائش (عن Slater وآخرين ٢٠٠٣)

فئة المبيد	المبيد أو المركب التجارى	الجين المنقول والآلية	الشركة	المحاصيل
Glycine	Glyphosate (Roundup)	*Agrobacterium* CP4- resistant gene	Monsanto	فول الصويا، ولفت الزيت والطماطم
	Glyphosate (Roundup)	Maize resistant gene	Monsanto	الذرة
	Glyphosate (Roundup)	Oxidoreductase detoxification	Monsanto	الذرة، ولفت الزيت، وفول الصويا
Phosphinic acid	Phosphinothricin (Basta), (Liberty)	*bar* gene-phosphinothricin acetyltransferase detoxification	Hoechst/AgrEvo/Aventis Novartis/Syngenta	الذرة، والأرز، والقمح، والقطن، ولفت الزيت، والبطاطس، والطماطم، وبنجر السكر
Sulphonylurea	Chlorsulphuron (Glean)	Mutant plant acetolactate synthase	DuPont- Pioneer Hi-Bred	لفت الزيت، والكتان، والأرز، والطماطم وبنجر السكر، والذرة
Imidazolinone	(Arsenal)	Mutant plant acetolactate synthase	American Cyanamid	
S-triazines	Atrazine (Lasso)	Mutant plant chloroplast *psbA* gene	DuPont, Ciba-Geigy/Novartis	فول الصويا
Nitriles	Bromoxynil (Buctril)	Nitrilase detoxification	Calgene	القطن، ولفت الزيت، والبطاطس، والطماطم
Phenoxy-carboxylic acids	2,4-D	Monooxygenase detoxification	Schering/AgrEvo	الذرة والقطن

2-2-3- مقاومة الأمراض النباتية الفطرية والبكتيرية والفيروسية

بالطبع الأمراض النباتية يمكن أن تدمر أى محصول، ولقد تعامل الإنسان مع هذه المشاكل منذ مئات السنين، والكوارث المرضية للنباتات قد تؤدى إلى تغيير مجرى التاريخ، فعلى سبيل المثال فى القرن التاسع عشر (عام 1840) حدثت كارثة فى أيرلندا للبطاطس حيث أصيب المحصول بمرض التبقع الذى أدى إلى القضاء عليه تماماً، وقد حدثت مجاعة عظيمة نتيجة تلك الإصابة المرضية أدت إلى موت عدد كبير وإلى هجرة ملايين من الأيرلنديين إلى أمريكا وأستراليا وخصوصاً ذوى الخبرة والكفاءة العالية، مما أدى إلى حدوث تغيير فى التركيب الاجتماعى لشعب المنطقة، ولكن بعد ذلك بفترات تمكن العلماء من استنباط أصناف مقاومة بالانتخاب الطبيعى.

وجميع المحاصيل تقريباً بدءاً بالحبوب وحتى الفاكهة قابل للإصابة بالأمراض التى تسببها الفطريات أو البكتيريا أو الفيروسات، وكل عام يرش العديد من مئات الأطنان من المبيدات لمقاومة الأمراض النباتية وتقريباً يرش بها كل المحاصيل المنزرعة.

والطريقة البديلة الحديثة هو **استخدام نباتات محورة وراثياً** تقاوم مسببات الأمراض الفطرية والبكتيرية (جدول 10) وتعتمد على جينات المقاومة الطبيعية الموجودة فى شتى الأنواع النباتية البرية مثل جينات إنتاج إنزيمات السبيروكسيديز والبروتينيز مثل Zeamatin التى تعمل على تحلل الأغشية الخلوية بالفطريات أو جينات التحكم فى إنتاج البروتينات المضادة للفطريات مثل الفيتوألاكسينات phytoalexins والشيتينيز chitinases والجلوكانيز glucanases ومثبطات الريبوسومات، وأمكن زيادة مقاومة أصناف من الطماطم والخيار والجزر بالتحور الوراثى بجينات معزولة من البيتونيا والتبغ والفاصوليا والأرز وأخيرا جينات إنتاج المضادات الحيوية مثل nikkomycin أو إنتاج مركبات أخرى مثل الأحماض الدهنية غير المشبعة المقاومة لفطريات البياض الدقيقى فى الطماطم.

ونفس الشيء بالنسبة للبكتيريا وذلك بالاستفادة من الجينات التى تشفر لبروتينات مضادة للبكتيريا مثل السركوبينات cercopins والاتاسينات attacins

جدول (10) النباتات المحولة وراثيا التي أنتجت من مختلف المحاصيل الزراعية لمقاومة الأمراض الفطرية والبكتيرية حتى عام ١٩٩٩ (عن Chawala ٢٠٠٣)

طبيعة المقاومة والمحصول	الجين	المسبب المرضى الذى يقاومه الجين
بروتينات:		
التبغ	Bacterial chitinase from *serratia marcescens*	*Altermaria longipes*
	Bean chitinase gene	*Rhizoctonia solani*
	PR-1-a gene	*Peronospora tabacina, Phytophthora parasitica* var. *nicotianae*
	Chitinase	*Sclerotinia sclerotiorum*
	Chitinase	*Rhizoctonia solani*
	Chitinase and 1,3-β glucanase	*Cercospora nicotinae*
الطماطم	Chitinase and 1,3-β glucanase	*Fusarium oxysporum lycopersici*
Brassica napus	Chitinase	*Rhizoctonia solani*
Brassica napus var. oleifera	Chitinase	*Cylindrosporium concentricum; Phoma lingam; Sclerotinia sclerotiorum*
الأرز	Chitinase	*Rhizoctonia solani*
الجزر	Chitinase and 1,3-β glucanase	*Alternaria dauci, Alternaria radicina, Cercospora carotae, Erysiphe heraclei*
البطاطس	PR5	*Phytophthora infestans*
مضادات ميكروبية بروتينية:		
التبغ	Barley RIP (ribosome inactivating protein)	*Rhizoctonia solani*
الطماطم	Proheveïn from *Hevea brassiliensis*	*Trichoderma hamatum*
التبغ	Defensin-Rs AFP_2 from radish	*Alternaria longipes*
التبغ	Barley α thionin geme	*Pseudomonas syringae* pv *tabaci, P. syringae* pv *syringae*
التبغ	Cecropin	*P. syringae* pv *tabaci*
الأرز	Cecropin	Bacterial pathogen
البطاطس	Bacteriohage T-4 lysozyme	*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptia*
التبغ	Hen egg white lysozyme (HEWL)	*Botrytis cinerea, Verticillium alboatrum, Rhizoctonia solanum*
التبغ	Lysozyme from human being	*Pseudomonas syringae* pv *tabaci; Erysiphe cichoracearum*
البطاطس	H_2O_2 gene for glucose oxidase	*Verticillium dahlea, Phytophthora; Erwinia carotovora*
فيتو ألاكسينات:		
التبغ	Stilbene synthase	*Botrytis cinerea*
Brassica napus	Stilbene synthase	
الأرز	Stilbene synthase	*Pyricularia oryzae*

والليسوزومات lysozymes وقد أمكن بالفعل تحوير البطاطس وراثيا ضد ميكروبات .Erwinia sp ، .Ralstonia sp المسببة للأعفان وأيضا زيادة مقاومة الكرنب ضد *Xanthomonas* ومقاومة التبغ ضد *Phytophthora* وأيضا استخدمت الجينات التى تشفر لتكوين إنزيمات مضادة للسموم البكتيرية كما فى حالة اللفحة الهالية فى الفاصوليا.

كما تمت مقاومة الفيروسات عن طريق نقل الجين المسئول عن تمثيل الغلاف البروتينى الفيروسى Viral coat protein mediated resistance (CP-MR) إلى النبات مما يعيق Blocking تكاثر الفيروس فيما يعرف بالوقاية المكتسبة وهى تختلف عن الوقاية الطبيعية باستخدام سلالة ضعيفة من الفيروس (الأولى خالية من الحمض النووى بينما الثانية تحتوى عليه)، حيث يؤدى هذا الجين إلى أن يصبح النبات يمتلك القدرة على إنتاج الغلاف الخارجى للفيروسات داخلياً مما يحث الجهاز المناعي للنبات على إنتاج مواد تقاوم الإصابة الفيروسية، والحماية التى توفرها تقنية جين الغلاف البروتينى لا تقتصر ضد الفيروس العائل فقط وإنما السلالات قريبة الشبه (سيرولوجيا) منه أيضا. ويوضح الجدول رقم (11) حالات التحور الوراثى لمقاومة الفيروسات بتقنية الغلاف البروتينى. وهناك تقنيات أخرى يلخصها جدول (12) بالاعتماد على جينات فيروسية غير الغلاف البروتينى مثل بروتين التضاعف أو الحركة أو شفرة رنا فيروسي عكسي أو غير عكسي ولكن معيبه.

جدول (11) حالات الهندسة الوراثية لمقاومة الفيروسات التي استخدمت فيها جينات الغلاف البروتيني حتى بدايات عام ١٩٩٤ (عن Grumet ١٩٩٥)

المجموعة الفيروسية	الفيرس	اسمه المختصر	النوع المحول وراثيًا
Alfalfa mosic virus group	Alfalfa mosaic virus	AlMV	التبغ – الطماطم – البرسيم الحجازى
Carlavirus	Potato virus S	PVS	البطاطس
Cucumovirus	Cucumber mosaic virus	CMV	التبغ – الخيار – القاوون
Geminivirus	Tomato yellow leaf curl virus	TYLCV	الطماطم
Ilarvirus	Tobacco streak virus	TSV	التبغ
Luteovirus	Potato leaf froll virus	PLRV	البطاطس
Nepovirus	Arabis mosaic virus	ArMV	التبغ
	Grapevine chrome mosaic virus	GCMV	التبغ
Potexvirus	Cymbidium mosaic virus	CyMV	*N. benthamiana*
	Potato virus X	PVX	التبغ – البطاطس
Potyvirus	Bean yellow mosaic virus	BYMV	*N. benthamian*
	Lettuce mosaic virus	LMV	التبغ
	Maize dwarf mosaic virus	MDMV	الذرة
	Papaya ringspot virus	PRSV	التبغ – الباباظ
	Plum pox virus	PPV	*N. clevelandii*
	Potato virus Y	PVY	البطاطس
	Soybean mosaic virus	SMV	التبغ
	Watermelon mosaic virus	WMV	*N. benthamiana*
	Zucchini yellow mosaic virus	ZYMV	*N. benthamiana* – القاوون – التبغ
Tenuivirus	Rice stripe virus	RSV	الأرز
Tabamovirus	Tobacco mosaic virus	TMV	التبغ – الطماطم
Tobravirus	Tabacco rattle virus	TRV	التبغ
Tospovirus	Tomato spotted wilt virus	TSWV	التبغ

جدول (12) الهندسة الوراثية لمقاومة الفيروسات بالاعتماد على جينات فيروسية أخرى غير جين الغلاف البروتيني (عن Grumet ١٩٩٥)

الجين (البروتين)	المجموعة الفيروسية	الفيرس	النوع النباتي المحول وراثيًا
Replicase	Cucumovirus	CMV	التبغ
	Potexvirus	PVX	التبغ
	Potyvirus	PVY	التبغ
	Tobamovirus	TMV	التبغ
	Tobravirus	(أ)PEPV	*Nicotiana benthamiana*
	Tombusvirus	(أ)CyRSV	*N. benthamiana*
بروتين الحركة	Tobamovirus	TMV	التبغ
Protease	Potyvirus	PVY	التبغ
شفرة فيروسية عكسية	Cucumovirus	CMV	التبغ
	Geminivirus	(أ)TGMV	التبغ
	Luteovirus	PLRV	البطاطس
	Potexvirus	PVX	التبغ
	Potyvirus	BYMV	*Nicotiana benthamiana*
		PVY	التبغ
		(أ)TEV	التبغ
		ZYMV	القاوون – التبغ
	Tobamovirus	TMV	التبغ
	Tospovirus	(أ)TSWV	
شفرة غير عكسية ولكن معيبة	Potyvirus	TEV	التبغ
	Tobamovirus	TMV	التبغ
	Ttospovirus	TSWV	التبغ
	Tymovirus	(أ)TYMV	لفت الزيت

أ – TGMV = tomoto golden mosic virus، و TEV = tobacco etch virus، و TSWV = tomato spotted wilt virus، و TYMV = turnip yellow mosaic virus؛ وللأسماء الكاملة للفيروسات الأخرى التى وردت رموزها فى الجدول ..

2-2-4- المحاصيل المعدلة وراثيا لتحمل الظروف البيئية القاسية

تتعرض مناطق كثيرة من العالم للظروف البيـئية القاسية والتى تسبب مشاكل كبيرة لإنتـاج المحاصيل، فعلى سبيل المثال قد لا يوجـد مطر كاف فى منطقة ما أو درجة الحرارة قد تكون غـير مناسبة مثل البرودة الشـديدة أو الحرارة الشديدة وكلها ظروف غيـر مناسبة لنمـو النباتات، وعادة مـا توجد أعداد بشـرية تعيش فى تلك المناطق والتى يمكنها الاستـفادة من قدرة تلك المنطقة على إنتاج المحـاصيل المغذية، وبما أن تغيير الظروف البيـئية نفسها يكون صعبا جـداً؛ ولذلك فإن المتاح أمامنا هو استزراع أنواع من المحاصيل ذات القدرة العاليـة على التأقلم مع الظروف البيئية فى المنطقة .

وقد تمكن العلماء فى فترات سابقة من إحداث تطور كبير فى تربية المحاصيل الموجودة، ففى السبعينيات وهى فترة عرفت باسم الثورة الخضراء؛ لأنه تمت زراعة أصناف كثيرة من المحاصيل تتحمل الظروف البيئية غيرالملائمة، ولقد أحدثت الثورة الخضراء تطورا عظيما فى كمية الإنتـاج من المحاصيل والألياف وغيره من المنتجات الزراعية ولكن مع الزيادة السكانية الهائلة التى يواجههـا العالم فإن كمية الإنتاج قد لا تفى باحتـياجـات سكان الأرض وأصبح لزامـاً على العلماء أن يجـدوا وسائل لزيادة كمية الغذاء حتى تتناسب مع الزيادة السكانية الهائلة .

وبالفعل قد اتخذت عدة خطوات فى الاتجاه الصحيح لتوفير الچينات اللازمة لإنتاج النباتات المحـورة وراثياً ففى الأجواء شديدة القسـوة من العالم هناك نباتات برية تستطيع النـمو والتأقلم مع تلك البـيئة؛ مما يؤكد أن هـذه النباتات عندها من الچينـات والوسائل ما تسـتطيع به مقـاومة تلك الظروف القـاسيـة من الحرارة أو البرودة أو الجفـاف أو الملوحة أو التربة الفقيرة أى أنـه تتوافر مصادر طبيـعية لتلك الچينات بوفرة فى تلك المناطق.

وقد تمكن العلماء من عزل بعض چينات مـعينة تتحكم فى قدرة النبات على مقـاومة الظروف البيـئية القـاسية مـثل الجفاف والحـرارة والبرودة، وأدخلت تلك الچينات إلى محاصيل لتكسبها القدرة على المقاومة للظروف البيئية غير المناسبة فلو

تمكنا من إنتاج قمح يزرع فى المناطق الجـافة أو أرزاً يتحمل ملوحة مـاء البحر فإن ذلك يعتبر تقـدماً هائلاً فى تغذية العشائر البشرية، وإذا تمكنا من زراعـة محاصيل بنصف كمية الماء التى تستخدمها فإن ذلك يعتبر تقدماً هاماً فى الحفاظ على المصادر الطبيعيـة . والجدول التالى (رقم 13) يتناول حالات متنوعـة من التحول الوراثى لأجل زيادة التحمل لمختلف عوامل الشد البيئى.

جدول (13) حالات متنوعة من التحول الوراثي لأجل زيادة التحمل لمختلف عوامل الشدّ البيئي

النبات المحول وراثيًا	الجين المستعمل	المركب المعبر عنه	حالة التحمل
التبغ	Mannitol 1-phosphate dehydrogenase (*mtlD*) from *E. coli*	Mannitol	الملوحة
Arabidopsis	*MtlD* from *E. coli*	Mannitol	الملوحة
التبغ	*SacB* from *Bacillus subtilis*	Fructan	الجفاف
التبغ	TPS1 subunit encoding trehalose synthase from *E. coli*	Trehalose	الجفاف
التبغ	γ-Pyrroline-5-carboxylate synthetase	Proline	الشدّ الأسموزى
الأرز	Barley *lea* gene (*HVAI*)	LEA	الجفاف والملوحة
التبغ	*BetA* from *E. coli* encoding choline dehydrogenase	Glycine betaine	الملوحة
الأرز	*CodA* from *Arthrobacter globiformis* endcoding choline oxidase	Glycine betaine	الملوحة
Arabidopsis thaliana	*CodA* from *Arthrobacter globiformis endcoding choline oxidase*	Glycine betaine	الملوحة والبرودة

3-2 - النباتات الصيدلانية Pharming Plants

استخـدمت النباتات الطبية والعـطرية منذ القدم كمصـدر أساسي لإنتاج العقاقـير الطبية سواء كان ذلـك بالطرق التقليدية فى حياة الإنسـان البدائية ثم مع تطور أساليب الحياة اختلف نمط وأسلوب استخلاص تلك المركبات الدوائية، ولقد أوضـحت التجـارب العلميـة العـديد من الحقـائق حول مـحـتوى تلك النبـاتات والأعشاب الطبية البرية من مركبات ذات فـائدة جمة تستخدم فى علاج العديد من الأمراض .

فى العصر الحديث وما به من تقدم علمي ملموس فى مجال الهندسة الوراثية ومناسبة الچينات بين مختلف الكائنات الحية- أصبح بالإمكان إنتاج نباتات مهندسة وراثياً تحمل چينات آدمية أو ميكروبية أو حتى حيوانية، وذلك بغرض إنتاج العديد من العقاقير الطبية ذات الفائدة الطبية المتميزة فى علاج العديد من الأمراض، وفى هذه الحالة سيصبح فى الإمكان تناول بعض من ثمار الفاكهة أو بعض الخضروات الصيدلانية والمهندسة وراثياً بدلاً من تناول العقاقير الطبية بالطرق التقليدية أو بالحقن.

كما يمكن استخدام النباتات المهندسة وراثيًا كمصانع صيدلانية لإنتاج الأدوية، وبالتأكيد فإن ذلك يكون قليل التكاليف مقارنة بمصانع الأدوية الأخرى لأنه لا يوجد بنية أساسية للمصانع، وكذلك لا تستخدم المعدات المعقدة التركيب كما هو الحال فى كافة العمليات البيوتكنولوجية التى تقوم على استخدام الخلايا الميكروبية كعناصر حيوية أولية أو حتى استخدام مزارع الخطوط الخلوية الحيوانية التى تتطلب الكثير من الاحتياطات والتركيبات المعقدة، بل إن إنتاج الأجنة المهندسة وراثيا يتطلب قدراً من الوقت حتى يصبح الجنين قادراً على إدرار اللبن وما يحتويه من إفرازات صيدلانية، من أجل هذا أو ذاك بات استخدام النباتات المهندسة وراثيا أسهل وأيسر بكثير فى إنتاج العديد من العقاقير الطبية المختلفة مثل الأجسام المضادة (جدول 14) وأيضا اللقاحات (جدول 15).

جدول (14) امثلة لبعض انواع الأجسام المضادة التى امكن إنتاجها فى النباتات

Signal sequence	الجسم المضاد	النبات	التطبيق
			Immunoglobulins:
Murine lgG	slg A (hybrid)	التبغ	*S. mutans* SA I/II (dental cavities)
Murine lgG	lgG (guy's 13)	التبغ	*S. mutans* SA I/II (dental cavities)
Murine lgG/KDEL	lgG Co17-1A	التبغ	Surface antigen (colon cancer)
Tobacco extensin	lgG (anti HSV-2)	فول الصويا	Herpes simplex virus
			Single-chain Fv:
Rice α-amylase	scFv (38C13)	التبغ	Lymphoma
Murine lgG/KDEL	scFv T84.66	الحبوب	Carcinoembryonic antigen (cancer)

جدول (15) أمثلة لبعض اللقاحات التي أمكن إنتاجها في النباتات

المصدر	البروتين المُعَبَّر عنه	النبات	مستوى الإنتاج
لقاحات للإنسان			
Escherichia coli	Heat-labile enterotoxin B	التبغ	0.001% SLP
Vibrio cholerae	Cholera CtoxA and CtoxB subunits	البطاطس	0.3% TSP
Hepatitis B	Envelope surface protein	التبغ والبطاطس	<0.1% FW
Norwalk virus	Capsid protein	التبغ والبطاطس	0.23%/0.37% TSP
Rabies virus	Rabies virus glycoprotein	الطماطم	1% TSP
لقاحات للإنسان			
Foot and mouth virus	Virus epitope VP1	البرسيم الحجازى و *Arabidopsis*	N/A
Porcine coronavirus	Viral glycoprotein	التبغ والذرة	0.2% TSP/0.01% FW
Mink enteritis virus	Viral epitope VP2	الفاصوليا	N/A (CPMV)
Canine parvovirus	Peptide from VP2 capsid protein	*Arabidopsis*	3% SLP

وسوف نذكر بإيجاز المراحل المختلفة لإنتاج أى عقار داخل النبات على النحو التالي:

1 - تحديد أهم العقاقير الطبية الأكثر استخداماً لدى المرضى والأكثر ارتفاعا فى الأسعار.

2 - تحديد الجين المسئول عن التحكم في إنتاج العقار المستخدم بكثرة فى علاج المرضى سواء كان ذلك الجين داخل كائنات أولية أو كائنات راقية.

3 - عزل ذلك الجين باستخدام إنزيمات القطع المتخصصة.

4 - تحميل (إدخال = إيلاج) ذلك الجين فى الناقل المناسب وهو عبارة عن بلازميد أو فيروس يستطيع حمل ذلك الجين الوراثي، ويلاحظ أن ذلك الناقل يحتوى على جين واسم (دليلى).

5 – إيلاج ذلك الناقل وما به من جين مطلوب داخل خلية نباتية فردية.

6 – اختبار الخلية النباتيــة المهندسة وراثياً من خلال الچين الواسم سواء كان ذلك من خلال اللون أو من خلال المقاومة للمضادات الحيوية.

7 – تنميــة ذلك النبات حتى يصــل إلى طور النضج وإنتاج الثمــار (موز – تفاح – خوخ – مشــمش) المحتوية على إنتاجية الچين البــروتينية الممثلة للعقاقير الطبية.

8 – عند تناول تلك الـثمــار فـإنهــا تؤدى الغــرض المطلوب من الناحــيــة العلاجية.

مميزات النباتات الصيدلانية

* يمكن حفظ هذه الثمار على درجات الحرارة العادية، ولا يحتاج ذلك إلى درجات الحرارة المنخفضة (الثلاجات).

* تتمــشى هذه الطريقة مع ميــول الأطفال عند تلقى العلاج، فــهم يقبلون على تناول تلك الثمــار الصيدلانية الحلوة المذاق الجــذابة اللون ولا يقبلون على تناول الكبسولات أو تعاطى الحقن.

* يمكن تناول هذه الثمار طازجة وبطريقة مباشرة بما يضمن عدم حدوث أى تغيرات غيــر مرغوبة، كذلك دون الحاجة إلى إجــراء أى عمليات حرارية أو معاملات كيميائية.

* يمكن أيضاً إدخال الچينات المخرسة (الموقفة) لغيرها من الچينات الضارة، وقد تم إنتــاج أول نبات مــحور وراثيًا وتم عرضه فى الســوق (أيضاً فى U.S.A) عام 1994 عبارة عن ثمار طماطم صنف Flavur Saver يمكنها أن تبقى قاسية عدة أسابيع بعد قطفها.

* وسيلة لإنتاج عــدد كبير من الهرمــونات والمضادات الحيوية والفيــتامينات والانزيمات والعديد من المنتجات الصيدلانية (جدول 16).

جدول (16) أمثلة لبعض المنتجات الصيدلانية التي أمكن إنتاجها في النباتات عن طريق التحولات الوراثية (عن Slater وآخرين ٢٠٠٣)

البروتين المُعَبَّر عنه	المصدر	النبات المحول وراثيًا	التطبيق
Protein C	الإنسان	التبغ	Anticoagulant
Hirudin	*Hirudo medicinalis*	لفت الزيت	Anticoagulant
Somatotrophin	الإنسان	التبغ	Growth hormone
β-Interferon	الإنسان	الأرز / اللفت / التبغ	Treatment for hepatitis B + C
Serum albumin	الإنسان	التبغ	Burns/fluid replacement, etc.
Haemoglobin –α and -β	الإنسان	التبغ	Blood substitute
Homotrimeric collagen	الإنسان	التبغ	Collagen
α_1-Antitrypsin	الإنسان	الأرز	Cystic fibrosis, haemorrhages
Aprotinin (trypsin inhibitor)	الإنسان	الذرة	Transplant surgery
Lactoferrin	الإنسان	البطاطس	Antimicrobial
ACE	الإنسان	التبغ / الطماطم	Hypertension
Enkephalin	الإنسان	لفت / *Arabidopsis* الزيت	Opiate
Trichosanthin –a	*Trichosanthes kirilowii*	التبغ	HIV therapy, cancer

2-4 النباتات الإستراتيجية

يعتبر الأرز من المحاصيل الغذائية الأساسية على مستوى العالم، وتبلغ مساحة الأراضي الزراعية المنزرعة سنويا حوالي 150 مليون هكتار، ويلاحظ أن زراعة وإنتاجية الأرز تتركز بشكل رئيس فى قارة آسيا حيث تمثل المساحة المنزرعة فى تلك البلاد حوالى 88%، وأن أهم البلاد المنتجة للأرز هى الصين والهند وإندونيسيا وبنجلاديش واليابان وتايلاند، وهى الأعلى من حيث الكثافة السكانية على مستوى العالم؛ لذلك ليس بمستغرب أن تلك البلاد تستورد حوالى 30% من الإنتاج العالمى للأرز، أما عن قارة أفريقيا فهى لا تنتج سوى 4% من الإنتاج العالمى، بينما تستورد حوالى 29% من حجم واردات السوق العالمية بالنسبة للأرز.

وبالنسبة لعمليات التحسين وتجارب الهندسة الوراثية التى تجرى على نبات الأرز فنجد أن أهم البلاد التى تعتنى بذلك هى الولايات المتحدة الأمريكية وأوروبا واليابان والهند وأستراليا والصين.

أما عن تطبيقات التقنية الحيوية فنجد أن هناك العديد من التطبيقات فى هذا المجال، ولكننا سوف نتناول مثالا تطبيقيا فى حياة العديد من الشعوب وخاصة فى البلاد الفقيرة، ونخص بالذكر منطقة جنوب شرق آسيا، ففى الحياة اليومية يحتاج الإنسان للعديد من العناصر الغذائية الضرورية سواء كان ذلك كربوهيدرات، أو بروتينات، أو دهون، أو عناصر معدنية وكذلك العديد من الفيتامينات حتى يتمكن جسم الإنسان من أداء وظيفته على الوجه الأكمل. ويمكن ملاحظة ذلك فى مكونات للوجبات الغذائية للدول المتقدمة والغنية ويمثلها بصفة عامة دول الاتحاد الأوروبى وكذلك الولايات المتحدة الأمريكية. أما فى دول العالم الثالث أو الفقيرة والتى تعتمد بصفة أساسية فى غذائها على عنصر غذائى واحد قد يتكرر فى أغلب وجباتها الغذائية كما هو الحال فى دول جنوب شرق آسيا كالفلبين، وإندونيسيا، وتايلاند، وفيتنام، وبنجلاديش وكذلك العديد من الجزر أو المناطق ذات الكثافة العالية من السكان حيث يكون الأرز هو الوجبة الغذائية الرئيسة فى حياة تلك الشعوب مما يؤدى إلى إصابة سكان تلك البلاد بالعديد من الأمراض وخاصة أمراض سوء التغذية والأنيميا والبلاجرا.

تؤكد الدراسات العلمية أن الأرز يعتبر من الأغذية العالية فى مصادر الطاقة وفى نفس الوقت يعد فقيرا جداً فى محتواه من الفيتامينات وخاصة فيتامين (أ) حيث يتم تخليق ذلك الفيتامين حيوياً داخل جسم الإنسان من مادة البيتاكاروتين التى يفتقر نبات الأرز لتواجدها. فى الجهة المقابلة نجد أن الأرز يحتوى على حامض الفيتك الذى يرتبط بالحديد والعديد من العناصر المعدنية الأخرى مثل الماغنسيوم والكالسيوم، وبذلك يكون الحديد فى صورة مرتبطة لا تسمح له بالامتصاص بواسطة جسم الإنسان.

وبالرغم من توافر فيتامين (أ) فى كل من البيض والزبدة والجبن، وكذلك توفر عنصر الحديد فى العديد من الخضروات الورقية، إلا أننا نجد أن هذه الأغذية تعتبر غالية وصعب الحصول عليها بالنسبة لغالبية سكان دول العالم الثالث أو البلاد

الفقيرة لأنها تكون أغلى سعراً من الأرز، لذلك نجد أن هناك تفشيا لانتشار مشاكل سوء التغذية وخاصة فى البلاد التى تعتمد على الأرز كغذاء رئيس فى أغلب وجباتهم الغذائية.

قدم العلماء العديد من الأبحاث للتغلب على تلك المشكلة، وذلك من خلال استخدامهم لتقنيات الهندسة الوراثية بإيلاج الجين الخاص بمادة البيتاكاروتين داخل نباتات الأرز، فى نفس الوقت تم القضاء على مشكلة نقص الحديد. ولقد كانت البداية فى استخلاص الجين المسئول عن تخليق مادة البيتاكاروتين من نبات النرجس البرى الأصفر اللون، تلى ذلك إيجاد وسيلة النقل المناسبة لإدخال ذلك الجين إلى چينوم نبات الأرز، حتى إذا ما عبر ذلك عن نفسه نجد أن هناك حلا لمشكلة نقص مادة البيتاكاروتين.

وللتغلب على مشكلة نقص الحديد الذى غالباً ما يكون مرتبطا بحامض الفيتك يتم إيلاج چين يكون مسئولاً عن إفراز إنزيم يقلل من وجود حمض الفيتك مما يساهم بدرجة عالية فى تواجد الحديد بصورة حرة مما يسهل من عملية امتصاصه داخل نبات الأرز.

إن الأرز المهندس وراثيا والمحتوى على چين البيتاكاروتين وكذلك الچين الآخر الذى يقلل من تواجد حمض الفيتك يكون مختلفاً فى لونه عن الأرز الأبيض العادى، فى أن الأرز المهندس وراثياً يكون أصفر اللون ويطلق عليه تجارياً اسم الأرز الذهبى.

ويستمر إجراء الأبحاث فى مجال الهندسة الوراثية، وذلك من أجل رفع نسبة البيتاكاروتين حتى تصل إلى 20 - 40% وذلك من أجل المساهمة الفعالة فى سد حاجة سكان تلك البلاد الفقيرة من نقص الخضروات والفاكهة فى وجباتهم الغذائية.

كما استخدمت النباتات كمفاعلات بيولوجية لإنتاج الدهون والمركبات الكربوهيدراتية والبروتينات للأغراض الصناعية مما يزيد من أهميتها الإستراتيجية (جدول 17).

وللرجوع إلى مزيد من التفاصيل حول دور التقنيات الحيوية والهندسة الوراثية في الزراعة المعدلة يمكن الاستعانة بالمرجع الشامل للأستاذ الدكتور/ أحمد عبد المنعم حسن (2007).

جدول (17) أمثلة على استخدام النباتات كمفاعلات بيولوجية لإنتاج الدهون، والمركبات الكربوهيدراتية، والبروتينات للأغراض الصناعية (عن Slater وآخرين ٢٠٠٣)

المركب	مصدر الجينات	التطبيق	النباتات التي حولت وراثيًا
دهون:			
Medium chain fatty acids	California bay tree (*Umbellularia californica*) – Thioesterase	Food, detergent, industrial	لفت الزيت
Mono-unsaturated fatty acids	Rat-desaturase	Food	التبغ
Poly-hydroxybutyric acid	*Alcaligenes eutrophus*	Biodegradable plastics	*Arabidopsis*، لفت الزيت، وفول الصويا
Saturated fatty acids	*Brasica rapa*	Food, confectioneries	لفت الزيت
مواد كربوهيدراتية:			
Amylose free starch	*Solanum tuberosum* (GBSS)	Food, industrial	البطاطس
Cyclodextrins	*Klebsiella pneumoniae*-Cyclodextrin glucosyl transferase	Food, pharmaceutical	البطاطس
Fructans	*Bacillus subtilis* – Fructosyl transferase	Industrial, food	التبغ والبطاطس
Incresed amount of starch	*E. coli* (glgC16)	Food, industrial	البطاطس
Tréhalose	*E. coli*	Food, stabilizer	التبغ
بروتينات:			
Alpha-trichsantin	Chinese medicinal plant	Inhibition of HIV replication	*Nicotiana benthamiana*
Angiotensin converting enzyme inhibitor	Milk	Anti-hypersensitive effect	التبغ والطماطم
Antibodies	Mouse	Various	التبغ
Antigens	Bacteria, viruses	Orally administered vaccines	التبغ والطماطم، والبطاطس والخس
Antigens	Pathogens	Subunit vaccine	التبغ
Enkephalin	Human	Opiate activity	لفت الزيت، و *Arabidopsis*
Hirudin	*Synthetic*	Thrombin inhibitor	لفت الزيت

الباب الثالث

المكافحة الحيوية

Biological Control

استـخدم اصطلاح المكافحة الحـيوية Biological control بواسطة العالم Smith عـام 1911 للتـعـبـيـر عن مكافـحـة الآفـات بواسطة مـسـببـات الأمراض Pathogens والطفيليات Parasites والمفترسات Predators أى استخدام كافة الأعـداء الطبيعية للحـشرات الضارة مثل الكائنات الحـية الدقيقة والمفـترسات والطفيليات والطيـور والديدان، وكذا استخدام المواد الجـاذبة والطاردة والهرمونات فى مقاومة الآفات والحشرات والأمراض المختلفـة، ونظراً لمخاطر استعمال المبيدات الكيماوية الصحية والبيئية فإن هناك اتجاها عالميا للمكافحة الحيوية كبديل أمثل لها، بالإضافة إلى أنها اقتصادية وغير مكلفة خاصة على المدى الطويل

3-1- المبيدات الميكروبية Microbial pesticides

هى عـبـارة عن كـائنات حـية دقـيـقـة مـسببـة للأمـراض Pathogenic microorganisms تصيب الحشـرات الضارة، وتؤدى فى النهاية إلى مـوت الحشرة أى مكافحة الآفـة، وتبدو أهميتـها كعوامل منظمـة لأعداد الحشرات دون مـستوى الضرر الاقتصادي.

ويرجع تأثير المبيدات الميكروبية إلى أنها:

1- تتداخل فى عمليات أطوار نمو الحشرات وتكاثرها، وقد تؤدى إلى موتها المباشر .

2- تقلل من مدى مقاومتها للتعرض للطفيليات والمفترسات.

3- تؤثر على مدى استجابة الحشرات لفعل المبيدات الكيماوية .

وجدير بالذكر أن المكافحة الميكروبية أو حتى الحيوية عامة لا تعتبر كافية كليا للتخلص من الآفات، وإنما لابد من استخدام غيرها من طرق المكافحة الوقائية أو المبيدات الكيماوية ضمن منظومة متكاملة فيما يعرف بـ Pest management.

3-1-1 مسببات الأمراض فى الحشرات

أولا- البكتيريا

وتمثل أكبر مجموعة من الكائنات الدقيقة، والأنواع المستعملة هى التى تكون جراثيم مثل *Bacillus thuringiensis* (Bt) ولها القدرة على إحداث أو نقل الأمراض للعديد من الآفات الحشرية وتمتاز بسهولة الإنتاج والفاعلية فى إحداث المرض وانخفاض تأثيره على الأعداء الحيوية وعدم تأثيره على الثدييات.

وقد وجد أن تناول اليرقات لجراثيمه وبلوراته يعطى تأثيراً قويًا، وخاصة بالنسبة ليرقات حرشفية الأجنحة التى تتغذى على أوراق النبات والتى قناتها الهضمية ذات قلوية عالية (pH = 8.9) حيث تقوم إنزيمات الحشرة بتحليل الجراثيم، وينطلق التوكسين السام الذى يوقف عملية الامتصاص والهضم فى معدة الحشرة مما يؤدى إلى موتها، وينتج هذا المبيد البكتيرى فى صورة مسحوق قابل للبلل أو مسحوق تعفير، ومن أشهر مستحضراته الثورسيد، باكتوكال، باتودين، بيوسبور، البيوترول، الباكترين، ديبل، الجافلين (زيدان، عبد المجيد، 1995).

وبكتيريا *B. sphoreicus* تستخدم فى مقاومة يرقات البعوض وهى لا تكون بلورات سامة داخلية ولكنها تتحلل فى بلعوم اليرقة وتفرز التوكسين.

وهناك مجموعة من المبيدات الميكروبية المستخلصة من *B. popillia* أهمها مستحضرات الدووم والجابونكى، وقد نجحت فى مكافحة الخنافس اليابانية عند حقنها فى التربة حيث تكون بلورات سامة داخل الحشرة، وهناك بكتيريا *B. dendrolinus* التى تميت حشرة الغابات المخروطية فى مناطق سيبريا الغربية ومادتها الفعالة هى مادة الأنكلوزين.

وقد عزلت بكتيريا .Bt فى البداية من يرقات دودة الحرير المريضة وأيضاً فراشة الدقيق (بيرلنر 1911) ولكن طبيعة بلوراتها البروتينية لم تعرف إلا بعد ذلك

(هاناى 1953) أما الذى حدد وعرف دور بلورات البروتين فى إحداث المرض للحشرات بواسطة (أنجوس 1954).

وبكتيريا .Bt تحتوى على چينوم ضخم الدنا وخلال عملية التجرثم ينتج الجاما إندوتوكسين بما يمثل 35% من الوزن الجاف للخلية كبلورة بروتينية. ويمكن لجراثيم Bt الثبات فى التربة لفترات طويلة قد تصل إلى 30 عاماً، والبلورة عبارة عن بروتين أولى سام ذى وزن جزيئى 130 KDa وهذا السم يذوب فى الوسط القلوى للمعى الأوسط لليرقات ويتكسر إنزيميًّا الى السم الفعال 60 - 70 KDa، وينتشر السم خلال الغشاء المبطن للمعى وبالتالى تتوقف الحشرات عن التغذية، وغالبية مستحضرات بكتيريا .Bt يعتمد على تحت النوع كيرستاكى Kurstaki سلالة HD-1 وهذا المستحضر فعال ضد 100 نوع من الحشرات حرشفية الأجنحة (جدول رقم 18).

إستراتيجيات تحسين منتجات بكتيريا .Bt

أ - الچين الهجن حيث قام **Honee** وآخرون 1990 بإيجاد چين للتوكسين يحتوى فى المناطق الطرفية النتروجينية على نوعين من التوكسينات الأولية A(b)-Cry ذات الفاعلية ضد دودة براعم الدخان وأبى دقيق الكرنب الكبير وأيضاً Cryl-C ذات الفاعلية ضد الدودة القارضة، وقد استخدمت طريقة التثقيب (الصدمة) الكهربية فى إدخال چينات التوكسينات غير المتجانسة فى سلالات .Bt.

ب - البكتيريا المحورة وراثياً المحتوية على صفات .Bt المعروفة بـ Endophytes والتى تستعمر النظام الوعائى (الداخلى) للنبات وتعمل على إدخال التوكسين لمكان الآفة فى الداخل. وقد تم حقن بذور الذرة بالبكتيريا *Clavibacter xyli* المعدلة والمحتوية على چين .Bt لمكافحة ثاقبات الذرة الأوروبية.

وأيضاً تم تعديل بكتيريا *Pseudomonas floureescens* بإدخال البلازميد المحتوى على چين .Bt وتنميتها فى المخمر حيث تخلق الأندوتوكسين الذى يتراكم

جدول (18) تقسيم چينات البروتينات البلورية للبكتيريا *Bacillus thuringiensis*
(عن Chrispeels & Sadava ٢٠٠٣)

عائلة الـ cry gene	حجم البروتين	سلالة *B. thuringiensis* أو تحت النوع	الآفات الحساسة لها
cry1 Aa(1-14)	133	kurstaki	حرشفية الأجنحة
cry1 Ab(1-16)	130	berliner	حرشفية الأجنحة
cry1 Ac(1-15)	133	kurstaki	حرشفية الأجنحة
cry1 Ad-g	133	aizawai	حرشفية الأجنحة
cry1 Ba(1-4)	140	kurstaki	حرشفية الأجنحة
cry1 Bb-g	1340	EG5847	حرشفية الأجنحة
cry1 Ca(1-8)	134	entomocidus	حرشفية الأجنحة
cry1 Cb(1-2)	133	galleriae	حرشفية الأجنحة
cry1 Da(1-2)	132	aizawai	حرشفية الأجنحة
cry1 Db(1-2)	131	BTS00349A	حرشفية الأجنحة
cry1 Ea(1-6)	133	kenyae	حرشفية الأجنحة
cry1 Eb1	134	aizawai	حرشفية الأجنحة
cry1 Fa(1-2)	134	aizawai	حرشفية الأجنحة
cry1 Fb(1-5)	132	Morrisoni	
cry1 Ga(1-2)	132	BTS00349A	
cry1 Gb(1-2)	133	wuhanensis	حرشفية الأجنحة
cry1 Ha-b	133	BTS02069AA	
cry1Ia(1-9)	81	kurstaki	حرشفية الأجنحة
cry1Ib-e	81	entomocidus	حرشفية الأجنحة وغمدية الأجنحة
cry1Ja-d	133	EG5847	حرشفية الأجنحة
cry1Ka1	137	morrisoni	حرشفية الأجنحة
cry2Aa(1-10)	71	kurstaki	حرشفية الأجنحة وثنائية الأجنحة
Cry2Ab(1-5)	71	kurstaki	حرشفية الأجنحة
cry2Ac(1-2)	70	shanghai	حرشفية الأجنحة
cry3Aa(1-7)	73	tenebrionis	غمدية الأجنحة
cry3Ba(1-2)	75	tolworthi	غمدية الأجنحة
Cry3Bb(1-3)	74	EG4961	غمدية الأجنحة
cry3Ca1	73	kurstaki	غمدية الأجنحة

كبلورات ويصل الى 10-20% من البروتين الكلى للخلايا، وفى نهاية التنمية يتم حصاد الخلايا البكتيرية المعدلة ويبقى التوكسين محميا داخل العائل.

جـ - مكافحة الحشرات داخل التربة وذلك بعزل الميكروبات المرتبطة بجذور النبات (منطقة الريزوسفير) وتحورها بإدخال چينات الإندوتوكسين لبكتيريا .Bt ثم إرسال التوكسين إلى داخل التربة مثال ذلك جذور الذرة مع ميكروب *Pseudomonas* المعدل والمحتوى على چين CrylA (b) (Obvkowicz، 1987). كما أمكن حماية نبات البسلة باستخدام بكتيريا العقد الجذرية *Bradyrhizobium* المعدلة وراثياً بإدخال چين Cryl VD لإنتاج إندوتوكسين لبكتيريا .Bt لمقاومة يرقات الحشرات ثنائية الأجنحة حيث تقلل الإصابة بمقدار 40%.

وجدير بالذكر أنه قد ظهرت حالات قليلة من تكيف ومقاومة الحشرات لبكتيريا .Bt بعد استخدامها فى الحقل 30 سنة مثل زيادة 42 مرة فى مقاومة حشرة فراشة الدقيق الهندية للمستحضر البكتيرى ديبل عند مقارنتها بالسلالات الحقلية لنفس الحشرة، ومما يثير الدهشة أن مقاومة الحشرة لبكتيريا .Bt قد نقصت عند إيقاف المعاملة بالمبيدات الحشرية .

ثانيا - الفطريات

تستخدم فى مكافحة الآفات خاصة فى المناطق المرتفعة الرطوبة، حيث تساعد الرطوبة فى إنبات جراثيم الفطر، ومن أكثرها استخداماً البيوفرين والبيوثرول وهما من فطر *Beauveria bassiana* إما فى صورة مسحوق أو سائل للرش، وقد نجحت فى مكافحة حفار ساق الذرة الأوروبى وخنفساء بطاطس الكلورادو.

وتنتقل العدوى بالملامسة حيث تنمو جراثيم الفطر على سطح الآفة وتخترق الهيفات جدار الجسم لتصل إلى داخله، ويساعد وجود الثغور أو الجروح على جسم الحشرة فى إحداث الإصابة. وحديثاً أظهر فطر *Verticillium lecani* كفاءة عالية كمبيد للمن خاصة تحت ظروف الصوب الزجاجية التى تتميز بالرطوبة

المرتفعة، وهناك فطريات تستخدم بنجـاح فى مقاومة الحشائش مثل فطر *Puccinia chrondrillina* وفطر *Cercospora rodmanii* لمقاومة حشيشة بنت الماء.

ويستخـدم حالياً 20 نوعا من الفطريات فى مكافحة الآفـات الحشرية ويتبع معـظمهم عـائلة الفطريات الناقـصة مـثال *Beuuveria bassiana* السابـق ذكره، وفطر *Beuuveria metazerium* الذى يقاوم عـدد من الحشرات حـرشفيـة الأجنحة وحفارات الأنفاق. وفطر *B. brongniarti* وتقاوم حشـرة الخنفساء البيـضاء وكذا الفطر *M. anisopliae* لمكافحة حـشرة خنافس النخيل فى جزر البـاسفيك وجنوب شرق آسـيا، وقـد ثبت أيضاً كـفاءة الفطر فى مـقاومـة آفات التربة وليـس فقط الحشرات التى تصيب الأسطح النباتية ومثالها حشرة المراعى *A. tasmariae* والنمل الأبيض فى أسـتراليـا وخنفسـاء العنب السـوداء فى أوروبا، وقد استخـدم فطر *Verticillium lecauii* فى أوروبا لمكـافـحـة المن والذباب الأبيض فى الـصـوب الزراعية وأيضاً مكافحة حشرة دوماس النخيل *Ommatissus lybicus*.

ويستخدم الطفيل المحلى *Telenomus* sp. حديثاً فى المكافحة الحيوية لفراشة ثمار الـرمان *Virachela livia* وتزداد نسب التطفل على بيض الآفـة خلال أشـهر الصيف ليصل إلى 100% فى أوائل شهر يونيو ثم تنخـفض تدريجيا، هذا بجانب المكافحة الميكانيكية لإزالة البيض من على الثـمار إما يدويا بواسطة الطرق المعروفة أو تكييس الثمار باستخدام أكياس شبكيـة مثقبة لمنع الفراشة من وضع بيضها على الثمار.

مشاكل استخدام الفطريات الممرضة للحشرات كمبيدات حيوية

1- متوسط درجـة الحرارة المناسبة للفطريات الممرضة للحـشرات يتراوح من 15- 25°م بينما درجة حرارة الصوب أعلى من 35°م؛ ولذا فهى عامل محدد لنمو الفطر الخضرى.

2- الرطوبة النسبيـة تؤثر على إنبات الجراثيم الفطرية ونمو الكونيـدات مثال فطر *M. anisopliae* تتـوقف عن الإنبات عند رطوبة نسـبيـة أعلى من 94% مما يفقد الفطريات المستخدمة فعاليتها فى مكافحة الحشرة.

3 - الأشعة فوق البنفسجية التى تؤثر بالسلب على فاعلية السلالات الفطرية

كيفية تحسين فاعلية الفطريات الممرضة للحشرات

1 - دمج جنس أو باراجنس لتبادل الصفات الوراثية المناسبة ما بين السلالات الفطرية، وهنا قد يفيد التهجين عبر الدورة الجنسية مع بعض الفطريات، ولكن البعض الآخر مثل *M. anisopliae & B. bassiona* ليس لهما دورات جنسية؛ لذا فإن البديل هو الدمج خلال الدورة الباراجنسية حيث تتكون كاريونات غير متجانسة انتقالية من خلال الاندماج البروتوبلازمى والأنوية المزدوجة غير ثابتة حيث تنكسر إلى أنوية وحيدة ثابتة من خلال فقد الكروموسوم أثناء الانقسام الميتوزى، مما يؤدى إلى تكون طفرات ذات معدلات تجرثم مختلفة.

2 - استخدام الهندسة الوراثية لتحوير الممرضات الفطرية للحشرات، وهذا يتطلب إدخال دنا خارجى فى جينوم الفطر يحمل صفات مسئولة عن إنتاج إنزيمات مثل الكيتنيز أو بعض التوكسينات.

وقد تم تقييم تأثير 3 مركبات آمنة صديقة للبيئة هى:

1 - مستخلص النيم (الشريشتين) Azadirachtin

2 - مانع الانسلاخ Buprofezin

3 - المبيد الفطرى *Verticillium lecanii*

وذلك مقارنة بالمبيد الحشرى الدلتامثرين Deltamethrin وأوضحت النتائج أن نسبة الخفض فى الإصابة بعد 5 أيام من المعاملة بلغت 12.3%، 46.7%، 32.1%، 50.5% على الترتيب وبعد 7 أيام من المعاملة ارتفعت مقارنة بانخفاض فى المبيد الحشرى حيث وصلت إلى 19.4%، 45.3 %، 37.8%، 47,2% على الترتيب (زيدان، 2003).

ثالثا - الفيروسات

انتشر استخدامها مؤخراً فى المكافحة الميكروبية، وأهم أنواعها فيروسات الباكولو Baculoviruses (جينوم دائرى الدنا) وفيروسات البوكسى (جينوم خيطى

الدنا) وفيروسات البيكورنا (جينوم رنا فردى الشريط)، ومن أشهر مستحضرات الفيروسات فى مكافحة الآفات الفيريكس والفايرون، وتستخدم رشاً فى صورة معلق لمكافحة الأطوار غير الكاملة لدودة ورق القطن (خاصة الطور اليرقى) وتحدث العدوى عن طريق التغذية بغذاء ملوث بجزيئات أو بلورات الفيروس. وتظهر الحشرات المصابة بوجود جزيئات متبلورة للفيروس وتشاهد يرقات دودة ورق القطن المصابة بالفيروس معلقة من أرجلها الخلفية ورأسها لأسفل، وتنفجر عند لمسها، ويخرج منها سائل مصفر ذو رائحة كريهة مما يساعد على انتشار المرض الفيروسى (المفيد)، ومستحضر فيرويدات يستخدم لمقاومة فراشة درنات البطاطس كما يستخدم فيروس *Smithiavirus pityocampae* فى مكافحة حشرة جرار الصنوبر.

والفيروسات على خلاف البكتيريا والفطريات هى طفيليات إجبارية لأنها تعتمد على توفر خلايا العائل المناسبة لتكاثرها، ويوجد أكثر من 700 نوع من الحشرات التى تصاب بالأمراض الفيروسية وتتبع هذه الفيروسات مجموعتان رئيستان هما الفيروسات الحبيسة(المحتواة) والفيروسات الحرة.

ومن أهم الفيروسات **المحتواة** الباكولوفيروسات التى تصيب ديدان الحرير وأكثر من 60 نوعا من الحشرات التابعة لرتب حرشفية الأجنحة وغشائية الأجنحة وثنائية الأجنحة وتحتوى دنا كبيرا مزدوجا دائريا (80 – 500 كيلوباز)، وتقسم إلى **أيوباكلوفيرين** تشتمل فيروسات البولى هيدروزيس النووية NPV والفيروسات المحببة GV والثانى **النودوباكولوفيرين** الماصة وهى أقل انتشارا. والتركيب الخاص لأفراد الأيوباكولوفيرين ينعكس على كيفية تضاعفها فى يرقات الحشرات حيث أجسام الامتصاص فى NPVs والحبيبات فى GVs تهضم بواسطة يرقات الحشرات فى الوسط عالى القلوية فى المعى الأوسط للحشرات ويذوب بروتين جسم الامتصاص ويلحم غشاء الليبوبروتين المحيط بالفيروس مع غشاء بلازما خلايا جدار الخلية ويطلق النيوكليوكابسيدات فى السيتوبلازم التى تنقل دنا الفيروس الى نواة الخلية، ومن هنا يبدأ التعبير الجنسى للفيروس فى ثلاث مراحل متميزة:

المرحلة الأولى: المرحلة المبكرة حيث ترتبط منتجات چين الفيروس مع التنشيط الانتقالى لچينات فيروسات أخرى معطية تضاعفا فى دنا الفيروس ثم بعد ست ساعات من العدوى يبدأ التعبير الچينى المتأخر ويؤدى إلى إنتاج بروتينات ذات تراكيب متفاوتة ترتبط مع تكوين النيوكلوكبسيدات، وتتراكم إنزيمات الرنا المقاوم ألفا أمانتين.

المرحلة الثانية: بعد 12 ساعة من العدوى يحدث خروج لنيوكلوكبسيدات نسل الفيروس من الأنوية وتنغرس فى غشاء البلازما للخلايا المصابة ويستمر تضاعف الفيروس فى خلايا معدة الحشرة وتدخل الطور المتأخر جداً فى التعبير عن چين الفيروس بعد 18 ساعة من العدوى.

المرحلة الثالثة: وتستخدم الباكولوفيروسات فى مكافحة دودة فول الصويا القطيفة فى البرازيل وسوسة النخيل فى الباسفيك .(Bedford,1980)

أما الفيروسات الحرة فتوجد طليقة فى السيتوبلازم أو النواة وتضم الفيروسات القزحيةIV والمكثفة DNV والبيكورنا PCV ويتم إنتاج المستحضرات الفيروسية تجاريا فى صورة مساحيق يجرى مزجها بالماء وتستخدم رشا بواسطة آلالات العادية وتنتقل الفيروسات إلى الحشرات غالبا عن طريق الفم أو الفتحات التنفسية

رابعا - البروتوزوا

تقع معظم البروتوزوا الممرضة للحشرات فى صف الميكروسبورا Class: Microspora الذى يتبعه جنس النوزيما، ومن أهم أنواعها *Nosema bombycis* الذى يصيب ديدان الحرير التوتية ونوع *Nosema apis* الذى يصيب نحل العسل والنوع *N.destructor* الذى يصيب فراشة درنات البطاطس، بينما تصيب بروتوزوا *pyrausta Pereazia* حفار ساق الذرة الأوروبى وكل من

P.legeri & P.pieris دودة الكرنب. أمـا نيمـاتودا *Heterophabditis sp.* (الاسم التجارى بيونيمـا) فهى تستهدف سوسة النخيل الحمراء وحـفار ساق التفاح وساق العجوز وأنواع الجعال. وعموما تتـشابه أعراض الإصابة بالبروتوزوا مع غيرها من الممرضات الحـشرية مثل الخمـول وفقدان الشهـية وتوقف الانسلاخ وصغـر حجم الحـشرة وتلون براز الحـشرة بـلون أبيض ويعيب البـروتوزوا بطء التـأثير وظهـور أعـراض الإصـابة بعـد فتـرات طويلة علـى الحشـرات البـالغـة، وعليـه يوصى باستخدامها فى برامج المكافحة طويلة الأمد.

2-1-3 الصفات المطلوب توافرها فى مسببات الأمراض (الميكروبات)

1 - نوع السلالة

وتلعب دوراً هامـاً فى البكتـيـريا والفطر وبشـكل محـدود فى الفـيـروس والبروتوزوا، وأكثر السلالات الـبكتيرية كفاءة *B. thuringiensis* عند مقارنتها بـ *B. cereus* ويرجع ذلك إلى تكويـن بلورات سامـة والقـدرة على إحـداث المرض للحشرات . وقد تم اكتشاف عدة أصناف Varieties من *B. thuringensis* جميعها قادرة على تكوين البـلورات ولكنها تختلف على إحـداث المرض، أما *B. cereus* فقد عـزل منها 12 صنفاً وتعـتمد قدرتهـا على إحداث المرض على مدى إنتاجـها لإنزيم Lecithinase.

2 - القدرة على إحداث المرض

وهى ترتبط بقـدرة الميكروب على غزو وإحداث الضـرر للنسيج أو العـضو المستهدف فى العائل، وقد يحدث المرض دون النفاذ إلى الدم، ويمكن قياس القدرة على إحداث المرض كميا بالتقييم الحيوى بالإنزيمات مثل البروتينيز أو حساب مدى الفقد فى وزن العذارى أو مدى الخلل فى التبادل الغازى (كما فى الفطريات).

3- التوكسينات

وهى نواتج إفـراز الميكروبات وتستـخدم مـبـاشرة فى المكافـحة الميكروبيـة وأشهرها:

أ - التوكسينات البلورية Crystal Toxin (Endotoxen) معقد وصعب تخليقه ويحدث تغييرا فى حموضة دم الحشرة يؤدى إلى الشلل العام يعقبه الموت فى خلال 1-7 ساعات.

ب- التوكسينات المتحملة للحرارة العالية Thermostable toxin (Exotoxin) يؤثر على الحشرات ذات الجناحين مثل توكسين الذباب Fly Toxin.

ج- إنزيم Lecithinose (Phospholipase).

د - إنزيم البروتينيز

4 - الثبات

ويقصد به طول فترة الحياة والاحتفاظ بالحيوية والقدرة على إحداث المرض مع ظروف التخزين، وهذا ينطبق على جراثيم البكتيريا أو بلورات الفيروسات، ويمكن حفظها فى الثلاجة أو مجمدة. وتلعب الظروف البيئية بالحقل - مثل الجفاف والإشعاع الشمسى والحرارة - دوراً فى الثبات الميكروبى.

5 - الانتشار

إما بالرش أو التعفير أو الطائرة، ويراعى حموضة المحلول تكون قريبة من التعادل وتجنب درجات الحرارة العالية، وتساعد الرياح والأمطار فى سرعة الانتشار.

6 - طرق نقل العدوى

النفاذ إلى دم الحشرة (البلورات، التوكسين) وغالباً عن طريق القناة الهضمية؛ ولذا تتفاعل الميكروبات مع غذاء الآفة أو عن طريق الجروح أو الخدوش خلال الجلد مثل الفطريات أو بمساعدة الطفيليات كناقلات.

7- تحمل الظروف البيئية

- المعاملة ذات المدى القصير تتأثر بالعوامل الجوية مثل الأمطار والرياح وأشعة الشمس.

- المعاملة ذات المدة الطويل نادراً ما تتأثر بالجو، ولكن تتأثر بالقدرة على إحداث المرض، ووسيلة النقل، وتعدد صفات الميكروب.

الاعتبارات الواجب مراعاتها فى المكافحة الحيوية

1 - المعرفة بالخواص الحيوية والبيئية وسلوك الحشرة لتحديد أصلح توقيت لاستخدام الميكروب لزيادة الفاعلية.

2 - مدى احتفاظ الكائن بصفاته وقدرته على إحداث المرض من وقت التجهيز حتى المعاملة.

3 - تجهيز الكائنات فى صورة جراثيم لتحمل الظروف الصعبة.

4 - طريقة التوزيع لضمان وصول كمية ثابتة ومنتظمة من الميكروب تسبب موت الآفة.

5 - دراسة الظروف البيئية المختلفة.

3-1-3 إمكانية نجاح المكافحة الميكروبية

- المستحضرات الميكروبية تتميز بأنها غير ضارة بالإنسان أو الحيوان وانخفاض أثرها على النبات.
- ذات درجة عالية من التخصص فلا تصيب الحشرات النافعة.
- يمكن خلطها مع المبيدات الحديثة مما يزيد من فعالية المبيد.
- سهولة الإنتاج وانخفاض التكاليف.
- قابلية التخزين لفترات طويلة.
- عدم ظهور سلالات مقاومة من الآفة ضد المرض حتى الآن.

الصعوبات التى تواجه استخدام الميكروبات

1 - مناسبة الظروف الجوية مثل الفطريات التى تحتاج 10% رطوبة على الأقل.

2 - التخصص الشديد، فهى تعطى مجالاً محدوداً من المكافحة (المدى العوائلى).

3 - دقة التوقيت عند الاستخدام مع فترة حضانة المرض.

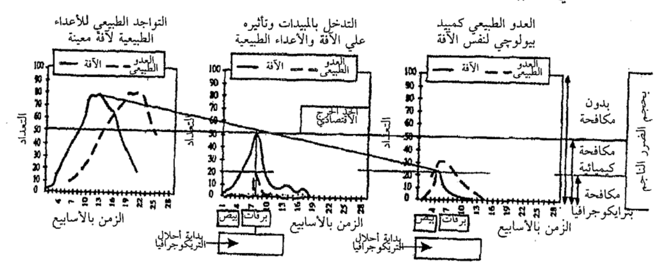
4 - فقد الحيوية عند التخزين وبالذات الفطريات.

5 - الحماية من الأشعة فوق البنفسجية للشمس.

6 - إضافة منبهات التغذية مثل المولاس لزيادة فعالية الميكروب.

7 - عدم الفاعلية فى مكافحة الآفات التى تتغذى داخلياً أو على الجذور.

ويوضح الشكل التالي (رقم 3) أهمية استخدام المكافحة الميكروبية فى الضبط البيولوجى للآفات بالقدر الذي تكون معه الكثافة العددية للآفات أقل من مستوى الضرر الاقتصادي، حيث إن الأعداء الطبيعية يتأخر رد فعلها مقابل الآفة، بينما يسبق أو يتزامن رد فعل المبيد البيولوجى نحو الآفة مما يساعد في تقليل الضرر الاقتصادي المسببة له.



شكل (٣) المكافحة الميكروبية والضبط البيولوجى لدودة اللوز

2-3-المفترسات والطفيليات الحشرية

وهى أنواع من الحشرات تمتلك القدرة على افتراس أو التطفل على الحشرات الضارة وقد حصرها توفيق (1993) والزميتى (2003) فيما يلى:

- حشرات عائلة أبى العيد Coccinellidae التى تحتوى على حوالى 3000 نوع معظمها تفترس الحشرات وبعضها يتغذى على المن أو البق الدقيقى. ومن أشهرها حشرة *Cryptognatha nodeceps* التى استخدمت فى جزر فيجى تجاه مقاومة حشرات النخيل القشرية وحشرة *Cryptolaemus montrouzieri* التى استخدمت ضد البق الدقيقى فى كاليفورنيا بالولايات المتحدة.
- حشرات عائلة أسد المن Chrysopidae التى تتغذى على حشرات المن والحشرات القشرية مثل *C. cornea , C. plorabunda* .
- الخنافس مثل خنفساء الفيداليا *Rodalia cordinalis* ضد البق الدقيقى وخنفساء *Brumus octosignata* ضد سوسة ورق البرسيم والمن على القطن بروسيا.
- البق المفترس *Paratriphles laeviusculs* واستخدم ضد دودة براعم التبغ التى تصيب القطن فى بيرو.
- الهاموش *Aphidoltes aphidimyza* ويستخدم فى مقاومة المن فى البيوت المحمية .
- المتطفلات حيث تستطيع أنواع عديدة من الحشرات التطفل على المن مثل حشرة *Aphidius simithi* التى نجحت فى السيطرة على حشرة *A.pisum* فى أمريكا الشمالية وحشرة *Aphelinnus asychis* التى تستخدم تجاه أنواع المن بالزراعات المحمية وحشرة *Aplytis aelimus* المستخدم ضد الحشرة القشرية الحمراء فى بلدان حوض البحر المتوسط.
- الحشرات الصيادة كما اشتهرت بها حشرات عائلة Braconidae ومنها *Apauteles glomeratus* المستخدم ضد أبى دقيق الكرنب وحشرة *A.sesamiae* ضد الثاقبات وحشرات عائلة Trichogrammatidae التى تستخدم لمكافحة الحشرات الليلية فى محاصيل الخضر وأشجار الفاكهة والنجيليات.

- الحلم (الأكاروسات) حيث اكتشف أكثر من 30 نوعا من المفترسة أو المتطفلة على الحشرات ينتمى معظمها إلى تحت رتبتى ذات الثغر الأمامى وذات الثغر المتوسط، ومن أهم الحشرات التى تهاجمها الحشرات القشرية على أشجار الفاكهة والنخيل والخضر والذباب الأبيض وقمل الكتب.

- النيماتودا حيث وجد أن بعض الأنواع التابعة لجنسي *Steinernematidae* *Heterorhabditis* لها القدرة على إدخال البكتيريا الممرضة المصاحبة لها فى جسم العائل الحشرى مما يؤدى لقتله سريعا وتجرب حديثا فى مكافحة سوسة النخيل الحمراء، ومن أوضح الأمثلة التى يمكن ذكرها فى هذا المجال: الاستفادة بنيماتودا *S.glaseri* فى مكافحة الخنفساء اليابانية واستخدام الأنواع التابعة لجنس *Delanddenus* sp. فى مكافحة ناخرات الأخشاب.

وحاليا تقوم العديد من الشركات العالمية بإكثار وتربية معظم الأنواع السابقة وتسويقها تجاريا بغرض استخدامها في أغراض المكافحة الحيوية.

3-3 الجاذبات الجنسية (الفرمونات) Sex phermones

الفرمونات هي مجموعة من المركبات العضوية الطيارة التي تطلقها أفراد بعض الحيوانات أو الحشرات من نوع ما، فتتعرف عليها أو تستجيب لها إما إيجاباً أو سلباً أعضاء الحس والذوق لأفراد نفس النوع أى أنها شفرات حسية بيوكيميائية يتفاهم بها أفراد النوع الواحد، ويختلف الفرمون عن الهرمون حيث إن الأول إنتاجه خارجي، أما الثاني فإنتاجه داخلي فى الدم وينتقل الفرمون عن طريق الجو وأحياناً عن طريق الماء أو التربة.

ومن الفرمونات ما هو للإنذار والتحذير تفرزه الحشرة بغرض التنبيه لوجود خطر ما، أو فرمونات للتجمع للغذاء أو بقصد التوجيه (اقتفاء الأثر) كما فى النمل والنحل، أو فرمونات لحفظ النظام كالذى تفرزه الملكة لحفظ النظام فى خلية النحل أو النوع الأهم هو فرمونات الجذب الجنسى وتفرز من أحد الجنسين (الذكر أو الأنثى) ليجذب الطرف الآخر من نفس النوع للتزاوج، وهذا ما يعرف بالجاذب الجنسى ويستخدم فى برامج المكافحة، وفى معظم الأحوال تقوم الأنثى القابلة للتلقيح بإطلاق الفرمون أو الرائحة التى تجذب الذكور إليها.

ولقد أمكن حديثاً معرفة وتحديد التركيب البنائى وكيفية تخليق وتصنيع أهم الفرمونات التى تفرزها إناث عدد كبير من الحشرات وخاصة ذات الأهمية الاقتصادية، وذلك لتحقيق الأهداف التالية:

- جمع أكبر عدد من ذكور الآفة فى مصائد بتصميم ملائم تُوزع فى مناطق انتشار الآفة لخفض فرص التزاوج وبالتالى تنخفض الإصابة .
- توزيع الفرمون المصنع فى مناطق الإصابة على نطاق واسع وبكثافة معينة بحيث يصعب على الذكور تمييز الفرمون الطبيعى للأنثى وبالتالى لا تتجه الذكور نحو الإناث ولا يتم التلقيح فيما يعرف بإعاقة التزاوج أو التشتت وتؤثر عدة عوامل على كفاءة الفرمون المصنع مثل مدى ثبات المركب - معدل تطايره - سهولة تحضيره - رخص ثمنه - مدى مشابهته للفرمون الأصلى.

كما أن هناك عوامل فسيولوجية وبيئية تؤثر على سلوك الحشرات تجاه الجاذب الجنسى (الفرمون) منها:

1- درجة الحرارة المنخفضة تساعد على نشاط الحشرة للتزاوج.

2- شدة الإصابة تؤدى لقلة الاستجابة للجنس.

3- سرعة الهواء.

4- وقت الإفراز، حيث الظلام يكثر من إفراز الهرمونة.

5 - العمر، فالإفراز يبدأ من اليوم الأول وتصل قمته فى اليوم الثالث.

6 - تعداد الحشرات، حيث يزداد الإفراز فى الحالة الفردية عنه فى وجود الحالة الجماعية.

ومن ناحية أخرى تتميز الفرمونات فى مكافحة الآفات بأنها مواد غير سامة ومتخصصة للآفة - صديقة للبيئة ليس لها تأثير سلبى على الأعداء الطبيعية من طفيليات ومفترسات.

المصائد الفرمونية (أي التى توضع فيها الفرمونات):

ويجب أن يتلاءم تصميمها مع حجم الحشرة وطريقة طيرانها ومع العوامل البيئية المحيطة بها وعلى موقعها وارتفاعها وأكثرها انتشاراً هي:

- المصائد الورقية: مثلثة الشكل وتموت الحشرة بالتصاقها بالمادة اللاصقة.
- المصائد المائية: وهى من البلاستيك وتموت الحشرة بسقوطها فى وعاء يحتوى على مستحلب الماء والصابون.
- المصائد القُمعية: حيث تنزلق الحشرة على قمع بلاستيك إلى داخلها أو قاع المصيدة حيث يوجد مبيد كيميائى لقتل الحشرة.

ولزيادة كفاءة المصائد الفرمونية يلزم اتباع الآتي:

- توضع مصيدة لكل فدان عكس اتجاه الريح.
- تكون المصيدة على ارتفاع أعلى من مستوى النبات النامى بحوالى 20 سم.
- تزود بالماء أو المواد اللاصقة دوريا.
- يتم تغيير الكبسولة المحتوية على الفرمون كل 15 يوما.
- يتم جمع الفراشات الذكور كل 3 أيام.
- ممكن استخدام المصيدة الواحدة لأكثر من كبسولة جاذبة جنس.

الطعوم السامة

وهى تقليد قديم ومفيد فى مقاومة الحشرات الزاحفة مثل الديدان القارضة Cut worms وذلك بخلط كميات متساوية من نشارة الخشب - الردة - المولاس - الماء، ويتم نشر المخلوط حول الشجرة فيجذب المولاس الديدان القارضة، ويتم احتجازها بالمواد اللاصقة وتموت بالجفاف أو توضع بودرة سامة لقتل الديدان.

مصائد ذبابة الفاكهة

وهى عبارة عن عبوة بلاستيكية تم قطعها عند الثلث الأعلى، ويوضع الطعم فى قاع العبوة، ويوضع الجزء العلوى مقلوباً مثل القمع أو تعمل فتحة صغيرة فى

جانب العبوة وتعلق مائلة والطعم السام المستخدم إما ماء + سكر + فانيليا + بودرة بايرثيرم Pyrethrum أو ماء + عسل نحل وقطع برتقال أو خيار + بودرة البايرثيرم.

المصائد الضوئية

وذلك لجذب الحشرات أثناء الليل مثل دودة الحبوب Boll worms والجعل Chafer beetles والناموس Mosquitoes وثاقبات الأرز Rice stem borers وهى عبارة عن حامل خشبى ثلاثى الأرجل مثبت فى التربة جيداً ويعلق به فانوس كمصدر للضوء وأسفله يعلق إناء به ماء وزيت وأفضل وقت لوضع المصائد الضوئية فى الحقول أو الحدائق قبل خروج الفراشات، وبعد وضع البيض أى يتوقف على دورة حياة الحشرة الضارة .

المصائد اللونية

وهى لوحة إعلانية تدهن باللون الأصفر والبرتقالى ولا تقل أبعادها عن 30 × 30 سم وتغطى بمادة لاصقة تجذب الحشرات إلى ألوان اللوحة وتلتصق بها وتموت؛ ولهذا يلزم معرفة اللون المناسب لكل حشرة يراد مكافحتها .

3-4-الطيور والمفترسات الصديقة

تتميز الطيور بالقدرة على الطيران داخل عالم الفقاريات مثلما الحال بالنسبة للحشرات فى عالم اللافقاريات وللعديد من أنواع الطيور القدرة على التقاط الحشرات الضارة مثال نقارات الخشب wood peckers التى تفترس خنافس القلف وطيور الخشب الهازجة wood warblers التى تتغذى على ديدان براعم الصبور والطيور المهاجرة التى تفترس زنابير الصنوبر المنشارية.

ونتيجة لقيمة الطيور كمفترسات للحشرات بذلت جهود كبيرة لتحديد المفاضلات الغذائية ونماذج لعشش ومنصات جاذبة للطيور وتم التحقق من فرائس حشرية عديدة للطيور بالغابات الألمانية تضم أجناسا مختلفة من رتبتى حرشفية وغشائية الأجنحة مثل *Totrix Panolis, Bupalus,* كما درست جماهير الطيور

الشتوية فى إنجلترا، حيث اتضح أنها تلتقط ما يزيد عن 50% من مجموع الأنواع الحشرية بالغابات، وبرغم ذلك لم يسجل إلا قليلا فى برامج المكافحة البيولوجية حول نقل الطيور لمسافات طويلة لاستخدامها فى المكافحة، حيث بذلت بعض الجهود فى ألمانيا لتشجيع توطين الطيور فى المناطق التى لا تتوطنها أصلا ارتكزت على تصميمات لصناديق العشش أدت إلى زيادة عالية فى كثافة الطيور حيث قدر حجم الديدان على أشجار الصنوبر داخل المساحات المحتوية على عشوش بأخرى لم يحتويها فوجد أن بالشجرة فى المساحة الأولى 50 يرقة مقابل 50000 يرقة بالمساحة الثانية (توفيق 1997).

كما استخدمت فى أمريكا الشمالية مساكن صناعية للطيور كمواقع طبيعية للتعشيش بالمناطق المكتظة بالغابات ويعتبر النوع *Parus gambeli* أشهر أنواع الطيور فى تلك المناطق حيث تعتمد فى غذائه على ناخرات الأوراق من جنس *Recurvaria*.

كما استخدمت أنواع من الدجاج (الديوك الصغيرة Cockerels) كمفترسات ليرقات وعذارى الذباب المنزلى، ونجحت هذه الطيور فى مكافحة الذباب بواقع 20 فردا من الطيور لإزالة الذباب من روث 200 دجاجة أو فرد واحد لكل 50 أرنبا.

ومن النماذج الناجحة للمكافحة البيولوجية توطين طائر المينة الهندى *tristis Acridotheres* فى موريتانيا سنة 1762م لمكافحة الجراد الأحمر مما أدى إلى انتهاء كارثة هذه الآفة بعد 8 سنوات فقط (1770م) من الاستيراد، وقد تكرر معاودة المكافحة بالطائر المذكور سنتى 62-1963م كما نجح توطين هذا الطائر فى هاواى غير أنه فشل عندما نقل من هاواى إلى الفلبين.

وفى مصر صدر القانون رقم 13 لسنه 1922 بمنع صيد الطيور النافعة ونقلها وبيعها لأهميتها فى المكافحة الحيوية ويشمل الكروان *Numemius arquata* واللقلاق *Hemantopus sp.* والعصافير *Passer domesticus, Oriolus oriolus* والقنبره *Cherosphila sp.* وابوفصادة *Motocilla flava* والزقزاق البلدى *Holopterus spinosus* وابو قردان *Ardeol ibis* والهدهد المصرى *Upupa epops*

والوروار *Merops orientalis cleopatra* وخـاطف الـذباب المطوق *Muscicapaa semitorquata*. ولكن التوسع الرهيب فى اسـتخدام المبيدات الحـشرية قضى على أعداد كبيرة من هذه الطيور النافـعة، والأمل هو فى معاودة تزايد أنواع هذه الطيور بترشيد استخدام المبيدات.

البــاب الرابع

التسميد الحيوى Biofertilization

نظراً لمخاطر استعمال الأسمدة المعدنية هناك اتجاه عالمى للزراعة العضوية الحيوية بدون أسمدة معدنية كبديل أمثل، وتعتبر كل الإضافات ذات الأصل الحيوى التى تمد النبات النامى باحتياجاته الغذائية تسميداً حيوياً Biofertilization وتعرف هذه الإضافات بالأسمدة الحيوية أو اللقاحات الميكروبية Microbial inoculants وهى عبارة عن كائنات مجهرية منتخبة تم إكثارها فى مزارع ملائمة ثم يُحمّل أو يُنقل النمو على حامل مناسب Carrier ويحفظ تحت ظروف تخزين ملائمة لحين استعماله كلقاح للبذور أو التربة.

ومن أمثلة الأسمدة الحيوية ذات الأهمية الاقتصادية الكبيرة ما يلي:

1 - اللقاحات المثبتة للنتروجين الجوى ومنها:

لقاحات الرايزوبيا والأزوتوباكتر للبقوليات، لقاح الأزوسبيرلم Azospirillum للنجيليات، لقاح الفرانكيا لغير البقوليات، لقاح السيانوبكتريا والأزولا لمزارع الأرز.

2 - اللقاحات المذيبة للفوسفات:

تلعب دوراً هاماً فى تيسير فوسفور التربة للنبات ومنها لقاح الفوسفوباكترين وهى عصويات طويلة هوائية (*Bacillus megatherium*)، لقاح فطريات الميكوريزا المعروفة بـ (Fungus roots).

3 - اللقاحات المذيبة للعناصر الغذائية:

مثل المذيبة للبوتاسيوم أو العناصر الصغرى أو بكتريا السليكات المفرزة للأحماض.

4 - ديدان الأرض:

وتستخدم كلقاح فى الأراضى الطينية الثقيلة لفوائدها فى حفر الأنفاق وتهوية التربة، وكذا قدرتها على تحليل المواد العضوية إلى مواد أبسط كما تفرز كثيرا من المضادات الحيوية ومنشطات النمو؛ ولذا تستخدم كدليل حيوى Bioindicator لخصوبة التربة، كما يمكن استخدامها فى هضم المخلفات الزراعية وإعادة تدويرها Recycling of wastes.

وبالإضافة إلى أهمية اللقاحات الميكروبية السابقة فى إذابة وتيسير العناصر للنباتات فإنها تفرز مواد منشطة لنمو النبات من أوكسينات وفيتامينات تساعد على إنبات البذور ونمو الجذور. كما أنها تفرز مواد مثبطة للفطريات المرضية.

ويعتمد نجاح التسميد الحيوى فى تحقيق الفائدة المرجوة منه على العوامل التالية:

- كفاءة الميكروب المستخدم.
- توافق الكائن مع النبات العائل.
- قدرة الكائن على البقاء ومنافسة الكائنات الموجودة فى التربة.

4-1- تثبيت النتروجين الجوى بيولوجيا فى التربة Biological Nitrogen Fixation

المقصود هو قدرة العديد من ميكروبات التربة على استخدام النتروجين الجوى فى بناء بروتوبلازم الخلية، وذلك لاحتوائها على إنزيم النيتروجينيز الذى يختزل النتروجين الجزيئى إلى أمونيا تدخل فى تكوين الأحماض الأمينية وبروتين الخلية.

$$2\,NH_3 \xrightarrow{\text{Nitrogenase}} N2 + 3H_2$$

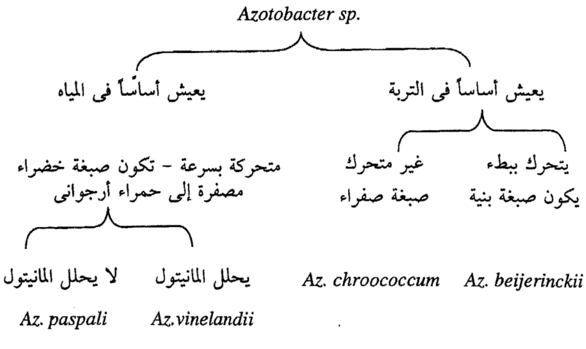
$$NH2 + \text{Organic acids} \xrightarrow{\text{Synthases}} \text{Amino acids} \longrightarrow \text{Protein}$$

وسنتعرض بالمناقشة لأهم وأشهر الميكروبات المثبتة للنتروجين.

4-1-1- البكتيريا عضوية التغذية الحرة Free fixion heterotrophs

1 - الأزوتوباكتر .Azotobacter sp

ميكروبات شبه كروية أو بيضية كبيرة الحجم نسبيا توجد فرديا أو فى أزواج وتكوّن كبسولة لزجة خارج الخلية وتكون حوصلة ونسبة G + C فى جزىء DNA ‏63 - 66% وهى سالبة لجرام.



وبعزل الميكروب على بيئة العالم بيجرنك Beijerinck وهى خالية من مركبات النتروجين وتحتوى على المانيتول أو البروبيونات بدلاً من الجلوكوز (يساعد على نمو ميكروبات أخرى) ولايستطيع الأزوتوباكتر تحليل السليلوز أو المواد العضوية المعقدة، ويحصل على الطاقة اللازمة له من المعيشة التعاونية مع ميكروبات التربة الأخرى التى تمده باحتياجه من الكربوهيدرات، ويستطيع الميكروب تثبيت 18 مللجم ن/ 1 جم سكر والحموضة المثلى لنموه من pH 6 - 8.5؛ ولذا ينتشر فى الأراضى المتعادلة أو المائلة إلى القلوية بعكس الأراضي الحامضية وهى ميكروبات ميزوفيلية أى محبة للحرارة المتوسطة من 30 - 35°م وتلعب بعض المعادن مثل الفوسفور وكذا عوامل التضاد والتنافس دوراً هاماً فى انتشاره فى التربة.

2 - الأزوموناس *Azomonas* sp.

خلاياه بيضاوية الشكل كبيرة الحجم مفردة أو فى أزواج أو تجمعات غير منتظمة وأنواعه متجرثمة ولا تكون كبسولة (عكس الأزوتوباكتر) ونسبة G+C فى الدنا تتراوح من 53 – 59%. متحركة بأسواط (فلاجلات) طرفية أو منتشرة – لا يكون حويصلات – هوائية– pH من 4 – 9. معظم أنواعه توجد بالتربة أساساً مثل *A. macrocytogenes* ما عدا نوعين فى المياه هى *A. agilis* (فلاجلات عديدة)، *A. insignis* (خصلة طرفية).

3 - البيارنكيا *Beijerinckia* sp.

يشبه الأزوتوباكتر إلا فى بعض الصفات المورفولوجية فهو أصغر حجماً وعصوي الشكل، ويحتوى على أجسام دهنية فى طرفى الخلية وتمتاز بكثرة إفرازها للمواد السكرية المعقدة؛ لذا تعطى قواما هلاميا لزجا ولا تحتاج إلى الكالسيوم فى نموها ونطاق pH أوسع (3.5 – 9). ومعدل نموها أقل من الأزوتوباكتر، ولكن قدرتها على تثبيت النتروجين عالية تصل إلى 20 مللجم N/ جم سكر وتنتشر فى الأراضى الحامضية والحارة بعكس الأزوتوباكتر، ويوجد بكثرة فى ريزوسفير النباتات وحيدة الفلقة خاصة قصب السكر وتتبع هذا الجنس *B. indica* , *B. mobilis*.

4 - الدركسيا *Derixia* sp.

يختلف مورفولوجيا عن الأزوتوباكتر والبيارنكيا حيث خلاياه عصوية غير متجرثمة سالبة لجرام هوائية حتماً وتظهر الفجوات فى الخلايا المسنة ومدى الحموضة pH 5 – 9 وقدرته على تثبيت N أعلى منهما فيصل إلى 25 مللجرام N/ جم سكر وتشبه البيارنكيا فى وجود كبسول سميك لزج وتتحرك بفلاجلات طرفية ويتبعه *D. gummosa*.

5 - الأزوسبيريلم *Azospirillum* sp.

ميكروب واوى أو حلزونى يعتبر جداره صلبا سالبا لجرام غير متجرثم مستعمراته بيضاء أو وردية اللون على البيئات الصلبة ويكون قشرة بيضاء تحت

سطح البيئة السائلة ويحتوى على حبيبات من بولى بيتا هيدروكسى بيوتريك، وهذه الحبيبات لتخزين الغذاء ومصدراً للطاقة ويصل وزنها إلى 7,7 - 33,3% من الوزن الجاف للخلايا حسب عمر المزرعة.

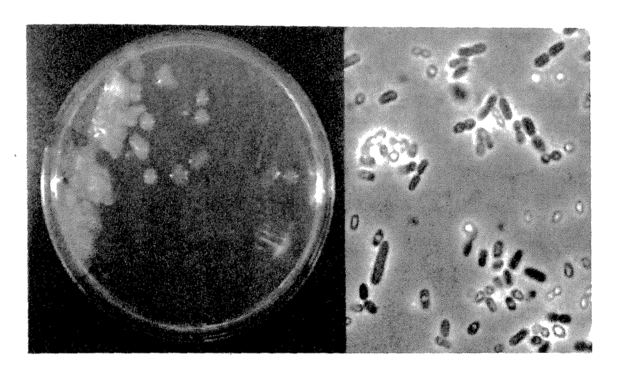
والميكروب متحرك بخصلة فلاجلات طرفية - هوائى - يثبت النتروجين فى ظروف قليلة التهوية Microaerophilic والحرارة المثلى 25 - 30(م والحموضة متعادلة ويعزل على بيئة بها مالات الكالسيوم ومستخلص الخميرة، وينتشر فى الأراضى الاستوائية وتحت الاستوائية وخاصة أراضى الحشائش والنجيليات وقصب السكر والبوص والبردى وقدرته على التثبيت تقارب الأزوتوباكتر (20 جم N/ جم سكر) ويوجد منه نوعان الأول. *Azosp brasiliense* وهو موجب لاختبار الكاتاليز، ولا يحتاج بيوتين لنموه والثانى *Azosp. lipoferum*، وهو سالب لاختبار الكاتاليز ويحتاج البيوتين لنموه، وهو الأكثر شيوعاً فى مصر، وهناك نوع ثالث عزل من دلتا الأمازون (بأمريكا الجنوبية) لذا سمى *Azosp. amazomenses* ويكثر فى أراضى النجيليات وهو حساس جدا للظروف القلوية والأكسجين، ويستطيع أيضاً التحول إلى القيام بعملية الدنترة (اختزال النترات وانطلاق النتروجين) حسب توافر مستقبل الألكترون.

6 - الكلوستريديوم *Cl. pasteurianum*

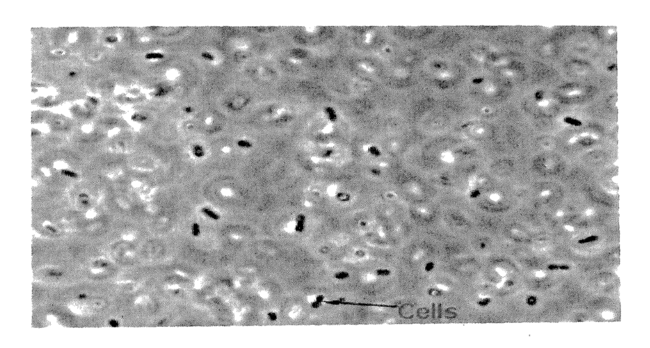
ميكروب غير هوائى حتماً - عصوى متجرثم بجرثومة طرفية أو تحت طرفية تشبه عصا الطبلة - موجب لجرام - ويوجد بأعداد كبيرة بالتربة تصل إلى 41 مليون فى الجرام الواحد مما يجعله يلعب دوراً أكثر فعالية عن الأزوتوباكتر فى تثبيت النتروجين بالتربة بالرغم من أن كفاءته أقل حوالى 2 - 10 مللجم N/ جم تربة، ولكن يغطى ذلك كثرة أعداده، وهو متحمل للحموضة، ويوجد فى الأراضى الغدقة والمزروعة بالأرز، كما يوجد فى ريزوسفير كثير من النباتات الحقلية.

7 - كثير من الميكروبات التابعة لأجناس *Bacillus*، *Enterobacter*، *Achromobacter*، *Corynebacterium*، *Flavobacterium*، *Nocardia*،

Desulfovibrio، *Desulfotemaculum* قـادرة على تثـبـيت أزوت الهـواء الجوى ولكن قدرتها على التثبيت ضعيفة لا تتعدى 5 مللجم N/ جم سكر وتسمى Oligofixers.



شكل (4): نمو ميكروب الأزوتوباكتر على الآجار والشكل الظاهرى للميكروب



شكل (5): خلايا الأزوتوباكتر كروى فى أزواج محاط بكبسولة

4-1-2- الكائنات الممثلة للضوء Free fixation phototrophs

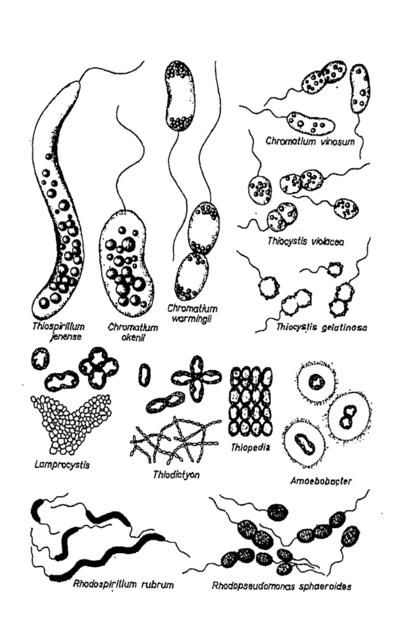
وتنقسم الى قسمين رئيسين

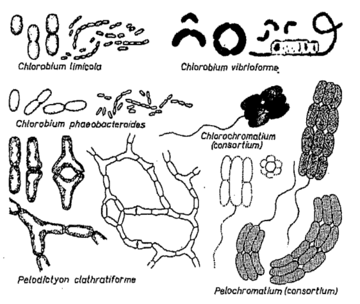
1 - **البكتيريا غير الأكسجينية المثبتة للنتروجين** وتحتوى ثلاث مجموعات

- البكتيريا الأرجوانية غير الكبريتية Athiorhodaceae ويتبعها أجناس *Rhodospirillum & Rhodomicobium & Rhodopseudomonas* وهى ذات أشكال ظاهرية مختلفة مثل العصوى والخيطى والمتبرعم والبيضى.
- البكتيريا الأرجوانية الكبريتية Thiorhodaceae ويتبعها أجناس *- Ectothiorhidospira - Thiopedia - Chromatium*، وأشكالها عصوية وخيطية وكروية وتوجد بها ترسيبات كبريتية.
- البكتيريا الخضراء الكبريتية ويتبعها أجناس *Chlorobium & Pelodictyon & Chlorochromatium* وأشكالها الشبكى والفحمى والعصوى، وجميع هذه الميكروبات لا هوائية حتمية تستخدم CO2 (كمصدر للكربون)، الضوء (كمصدر للطاقة) وهى قليلة الأهمية فى الأراضى العادية (المهواه) ولكن فى الأراضى الغدقة أو البحيرات والينابيع الكبريتية تلعب دوراً هاماً فى زيادة النتروجين. وهى تختلف فى تمثيلها الضوئى عن النباتات العادية فى معطى الإيدروجين وغياب الأكسجين وعدم خروج أكسجين عن التفاعل كما يتضح من المعادلتين:

$$-CO_2 + H_2S \xrightarrow[\text{لاهوائى}]{\text{ضوء}} (CH_2O)_6 + H_2O + O_2 + 2S \quad \text{البكتيريا الملونة}$$

$$-CO_2 + H_2O \xrightarrow[\text{هوائى}]{\text{ضوء}} (CH_2O)_6 + H_2O + O_2 \quad \text{النباتات}$$





شكل (6): أمثلة للميكروبات الممثلة للضوء غير الأكسجينية المثبتة للنتروجين

2 - البكتيريا الأكسجينية المثبتة للنتروجين Cyanobacteria ،

ويقصد بهـا الطحالب الخضراء المزرقة ولها القـدرة على تثبيت N فى وجود الأكسجين وتقسم إلى 3 أقسام رئيسة:

* خيطـية تكون هتـيروسست حـيث يوجد إنـزيم النيتروجـينيز فـى خلايا خاصة- سميكة الجدر لحمايته من الأكسجين وعندئذ لابد من وجود منافذ تسمح بتبادل الكربون والنتروجين بين الهتيروسست والخلايا الخضرية.

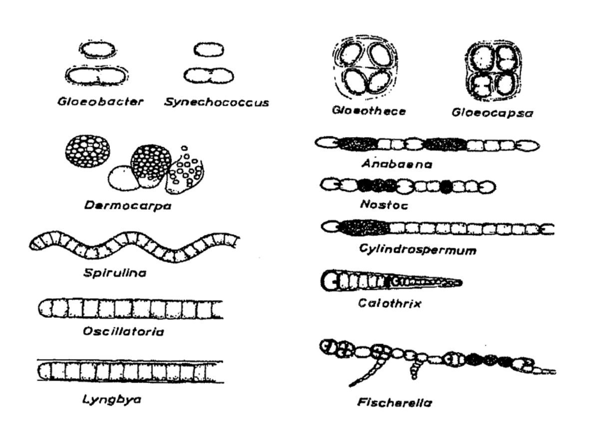
* خيطية لا تكون هتـيروسست وهى هوائية النمو ولكنهـا لا تثبت النتروجين إلا تحت ظروف لاهوائية لعدم وجود نظام بالخلايا يحمى إنزيم النيتروجينيز من الأكسجين أى تشبه البكتيريا الكبريتية الهوائية السابق ذكرها.

* وحيدة الخلية ويحاط إنـزيم النيتروجينيز بما يشبه الأغشـية التى تحميه من الأكسجين.

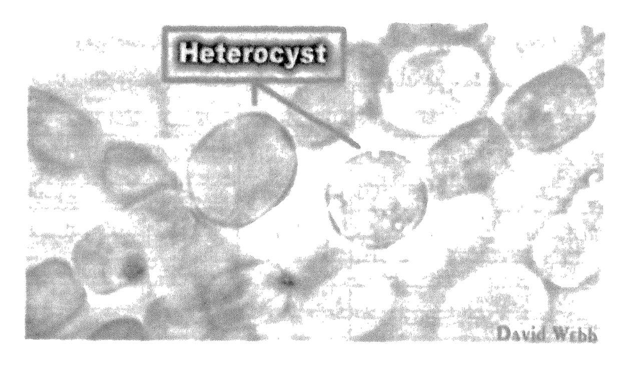
وتحتـاج الطحالـب الخضراء المـزرقة إلى إضاءة قـوية، ك أ2 و ن2 لتثـبيت النتروجين فى البـيئات الصناعيـة ويستطيع طحلب Nostoc تثبيت 10 مللجم N / 45 يوم / 100 سم3 بيئة وعند زيادة كـمية N2 المثبت عن حاجـة الطحلب فإنه يخزن فى مركبين، صبغة الفيكوسيانين Phycocyanin أو حبوب بنائية Structural granules عبارة عن بلمرات الإسبـارتيك والأرجنين. وتنتشر الطحالب المزرقة فى المياه العذبة والمالحة والأراضى الغدقة وتمتاز خلايا الهتيروسست عن الخلايا الخضرية فى أنها خـالية من صبغـة الفيكوسيانين ومن حـبيبات الفـوسفات ومن الصـبغات الضوئية وتتم عملية التثبيت فى الخلايا الخضرية تحت ظروف لاهوائية فى الطحالب غير المحتوية على خلايا الهتـيروسست، بينما يتم تحت ظروف هوائية فى الطحالب المكونة للهتيروسست التى يتم فيها التثبيت.

ويستطيع طحلب *Nostoc muscorum* النمـو فى الظلام هتيـروتروفيـاً (بلا طاقة ضوء) بشرط توافر مصدر لـلطاقة مثل الجلوكوز أو السكروز، ويستطيع أيضاً تثبيت النتروجين ولكن بكمية أقل بكثير مما فى النمو الأتوتروفى، ويرجع ذلك إلى نقص كمية ATP الناتجة من الفسفرة المؤكسدة.

وتستخدم الطحالب كسماد مـزدوج الغرض (عضوى ونيتروجينى) لزيادة خصوبه التربة وأحـيانا لمعالجة الأراضى القلوية ذات pH 9.5 وأكثر وتجرى تجارب لإنتاج سـلالات من الطحالب المزرقة خـالية من إنزيم Glutamic synthetase فلا يتحول الآزوت المثبت من أمونيا إلى أحماض أمينية، وبذلك تنساب الأمونيا خارج الخلايا ويستفاد ومن ذلك فى صناعة الأسمدة النتـروجينية، وقد وجد أن استخدام 100 جم طحالب جافة للفدان، وقت شتل الأرز توفر نصف كمية الآزوت اللازمة أى 15 - 20 وحدة آزوت للفدان وتنتج حالياً لقاحات الأزوتوباكترين أو الطحالب الخضـراء المزرقة بشكل تجارى مـحملة على وسط Carrier صلب لتلقيح الأراضى بها أو خلطها بالبذور.



شكل (7) : أمثلة للطحالب الخضراء المزرقة (السيانوبكتيريا) المثبتة للنتروجين



شكل (8): خلايا الهتيروسست التى يثبت بداخلها النيتروجين فى الطحالب الخضراء المزرقة

3-1-4 البكتيريا العقدية التكافلية والنباتات البقولية

Symbiotic bacteria and Leguminous

المقصود قدرة بعض الميكروبات على تثبيت الآزوت الجوى فى عقد جذرية متكونة على جذور بعض النباتات البقولية وغير البقولية، حيث يتم تبادل للمنفعة داخل العقد الجذرية (معيشة تكافلية)، فالنبات يمد الميكروب بما يحتاجه من المواد العضوية والعناصر المعدنية اللازمة له، بينما يمد الميكروب النبات بالمواد النتروجينية التى يثبتها، ولقد عُرفت أهمية المحاصيل البقولية فى زيادة خصوبة التربة منذ 1888م وتقدر كمية النتروجين المثبت تكافلياً بحوالى 50 مليون طن سنوياً بما يعادل ثلث الاحتياج العالمى من السماد النيتروجينى.

وتتم عملية التثبيت تكافليا بواسطة البكتيريا التابعة لجنس *Rhizobium*، *Bradyrhizobium* داخل العقد الجذرية المتكونة على جذور النباتات البقولية، وهذه الميكروبات تعيش حرة فى التربة الزراعية ويمكن زراعتها على البيئات الصناعية ولكنها لا تستطيع تثبيت النتروجين خارج العقد الجذرية.

وهى عصويات قصيرة غير متجرثمة مفردة سالبة لجرام هوائية وتحتوى على صبغات الكروماتين وحبيبات بيتا هيدروكسى بيوتريك التى تصبغ باللون الأسود مع صبغة أسود السودان، بينما تظهر داخل العقد الجذرية بأشكال مختلفة TYLXV وتعرف عندئذ البكتيرويدات Bacteroides وهى نادراً ما ترى فى المزارع الصناعية، وحجم البكترويد يتوقف على نوع السلالة النباتية فهو كبير الحجم فى البسلة وصغير الحجم فى الفول والأنواع الميكروبية التابعة لجنس *Rhizobium* سريعة النمو على بيئة مستخلص الخميرة والمانيتول مثل مجموعة البرسيم الحجازى ومتوسط عمر الجيل 4 ساعات وتأثيرها حامضى فى بيئة النمو، بينما جنس *Bradyrhizobium* بطيئة النمو ومثالها مجموعة اللوبيا ومتوسط عمر الجيل 10 ساعات وقلوية التأثير، وكل نبات بقولى أو مجموعة من النباتات البقولية له جنس معين من الريزوبيا أو البراديريزوبيا يصيبه وتكوّن عقد عليه، أما باقى الأنواع فغير قادرة على غزوه، وحتى إذا غزته فإنها تكون عقدا ضعيفة غير قادرة على تثبيت النتروجين، وتسمى مجموعة النباتات البقولية التى يغزوها نوع واحد من البكتيريا العقدية باسم مجموعة تبادلية التلقيح Cross inoculation grpup، فمثلاً مجموعة البسلة تضم البسلة والفول العادى والعدس والميكروب المتكامل معها *Rh. Leguminosarum* وهكذا قسمت النباتات البقولية الى 7 مجموعات كما هو موضح بالجدول التالى (رقم 19).

ومما يجدر ذكره أن أنواع البكتيريا العقدية السبع لا يمكن تمييزها عن بعضها بسهولة من خلال الصفات الظاهرية (المورفولوجية) أو المزرعية أو الفسيولوجية، والطريقة الوحيدة لتمييزها هى اختبار قدرتها على تكوين العقد على أنواع النباتات البقولية والاختبارات السيرولوجية بإضافة سيرم مضاد Antiserum من سلالات معروفة إلى خلايا البكترويد المفصولة من العقد.

جدول (19): المجموعات النباتية وأنواع البكتريا المتخصصة فى إصابتها:

اسم المجموعــــة	نوع البكتريا	النباتات التى تضمها المجموعة
أ) مجموعات سريعة النمو : Rhizobium group		
مجموعة البرسيم الحجازى Alfalfa groups	*R. meliloti*	البرسيم الحجازى ، الحلبة ، النفل ، الحندقوق
مجموعة البرسيم Clover group	*R. trifolii*	البرسيم المصرى ، البرسيم الأحمر ، البرسيم القرمزى
مجموعة البسلة Pea group	*R. leguminosarum*	البسلة ، بسلة الزهور ، العدس ، الفول العادى
مجموعة الفاصوليا Bean group	*R. phaseoli*	الفاصوليا
ب) مجموعات بطيئة النمو : Bradyrhizobium group		
مجموعة الترمس Lupine group	*B. lupini*	الترمــــس
مجموعة فول الصويا Soybean group	*B. japonicum*	فول الصويا
مجموعة اللوبيا Cowpea group	*B. sp.*	اللوبيا ، فول السودانى ، فاصوليا الليما ، اللبلاب

1-3-1-4 كيفية غزو الميكروب للعائل المتخصص

أثبتت الدراسات أن البكتيريا العقدية يوجد على سطحها نوع من السكريات المعقد Polysaccharides متخصصة لنوع النبات البقولى الذى تغزوه، فإذا كان النبات العائل مزروعاً تلتصق به وتبدأ عملية الغزو، ويوجد عدة تفسيرات لكيفية غزو الميكروب المتخصص للعائل:

1 - إفراز جذور النبات العائل لمواد بروتينية تسمى Lectins (ليكتين) ذات قابلية متخصصة للارتباط بالسكريات المعقدة الموجودة على سطح البكتيريا العقدية وبذلك تلتصق البكتيريا بجذير عائلها المتخصص له دون غيره، مثال ذلك ليكتين البرسيم العادى Trifolin متخصص للاتحاد مع *R. trifolii* دون غيرها والسكريات التى تفرزها الريزوبيا منها سكريات عديدة Polysaccharides وسكريات ليبيدية.

2 - إفراز جذور العائل لإنزيم Polygalacturonase نتيجة لحث البكتيريا المتخصصة المهاجمة بما تحويه من سكريات معقدة فى جدارها الخارجى.

3 - إفراز القمة النامية لطرف الشعيرة الجذرية عند مكان الإصابة لمادة سكرية تسمى كالوز Callose وهى بيتا 1-3 جلوكان، وهى تفرز

بواسطة الجذور الحديثة بتأثير ما تفرزه البكتيريا المتخصصة المهاجمة من مادة اندول حمض الخليك، بينما تختفى (الكالوز) فى الجذور المسنة.

4-1-3-2- أطوار البكتيريا العقدية فى النبات

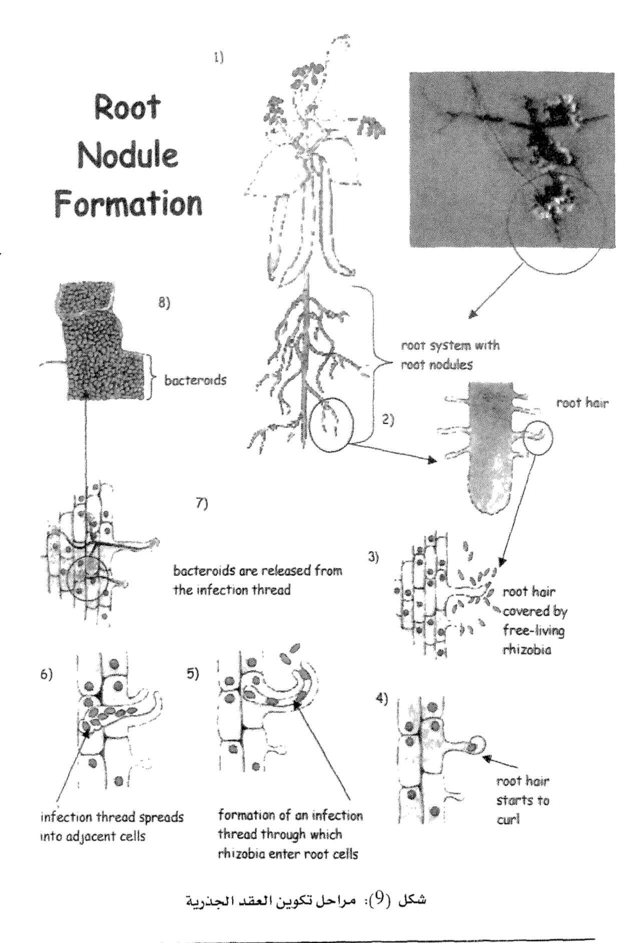
الطور الأول: تكوين خيط العدوى والعقدة

تفرز البكتيريا العقدية المهاجمة مادة منشطة مثل أندول حمض الخليك والتى تسبب انحناء الشعيرة الجذرية، وعندئذ تغزو الميكروبات المتخصصة الشعيرة عند منطقة الانحناء وتكوّن العقد، أما غير المتخصصة فيحدث الانحناء ولكن لا تتكون العقد ثم يبدأ تكوين خيط العدوى Infection thread وهو مكون من البكتيريا محاطة بأنبوبة مكونة من السليلوز والبكتين والهيميسليلوز ويستمر خيط العدوى فى نموه من خلية لأخرى بمتوسط 7 ميكرون/ ساعة.

ويختلف خيط العدوى فى السمك باختلاف النبات العائل ويستمر فى مسيرته فى الشعيرة الجذرية حتى يصل إلى خلايا القشرة فيخترقها ويتفرغ خيط العدوى ويغزو خلايا أخرى وتنشط الخلايا المصابة، وتنقسم حاملة خلايا البكتيريا الغازية وتتكون العقدة من انقسام خلايا النبات ومن تضخم هذه الخلايا. ويتم تكوين العقدة على الجذر فى مدة لا تقل عن 15 يوما من بدء الاصابة، ويلاحظ أن نصف العقدة توجد به الميكروبات أما النصف الآخر فيخلو منها ويسمى النصف العقيم.

الطور الثانى: تبادل المنفعة Symbiosis

تأخذ الميكروبات الشكل العصوى فى العقدة الحديثة ولكن فى العقدة الناضجة توجد فى طور البكترويد فى هيئة حروف مثل TLYXV والذى تتم فيه عملية تثبيت النتروجين لأن الخلايا فى هذا الطور تحتوى على إنزيم النتروجينيز المثبت للنتروجين، وهنا تظهر المعيشة التكافلية أو تبادل المنفعة Symbiosis حيث تمد البكتيريا النبات بالمواد النتروجينية المثبتة ويمد النبات البكتيريا بالمواد الكربوهيدراتية كالسكريات والأحماض العضوية، ويمكث هذا الطور سبعة أسابيع



شكل (9): مراحل تكوين العقد الجذرية

تقريباً ويصاحب طور البكترويد تكوين مادة شبيهة بالهيموجلوبين Leg hae-moglobin تلعب دوراً فى تثبيت النتروجين (تحويل الأمونيا إلى أحماض أمينية كالجلوتاميك) وتُكسب العقد النشطة اللون الأحمر الوردى Pink، وتتناسب كمية النتروجين المثبتة طردياً مع كمية الهيموجلوبين فى العقد؛ ولذا يستخدم تقدير الهيموجلوبين بالطرق الضوئية كدليل على كفاءة العقد فى التثبيت أفضل من طرق الوزن الطازج والجاف، وفى حالة ما كانت الميكروبات الغازية غير متخصصة للنبات فإن العقدة تمكث 7-10 أيام فقط ولا يتكون هيموجلوبين وتسمى العقدة الكاذبة Pseudonodule.

الطور الثالث: المعيشة التطفلية وتحلل العقدة

فى نهاية السبع أسابيع من تكوين العقد البكتيرية يتحول الميكروب من معيشة تبادل المنفعة إلى متطفل بعد أن تقل المواد الغذائية الواصلة إلى العقد. فيفرز الميكروب إنزيم Pectinase الذى يذيب الصفيحة الوسطى للخلايا البرانشيمية وتنفجر العقدة ويخرج الميكروب إلى التربة الزراعية.

وفى تفسير آخر أنه فى وقت الإزهار تصل درجة هرمون الأكسين Auxin إلى قمتها وعندئذ تتحلل العقدة وتختفى البكترويدات وتنفصل بقايا العقدة بطبقة من الفلين.

4-1-3-3- العوامل المؤثرة على كفاءة تثبيت النتروجين الجوى تكافليا

أ - عوامل بيئية وكيميائية

- تؤثر تهوية التربة ودرجة الحرارة ونسبة الرطوبة والملوحة ورقم الحموضة pH على نمو النباتات البقولية، وبالتالى على تكوين العقد (كمًّا ونوعاً) ومقدار ما تقدمه من نتروجين جوى.
- الحساسية لبعض الآفات ويرقات الحشرات والبكتريوفاج.
- ينشط توفر بعض العناصر الغذائية بالتربة عملية التثبيت مثل الكالسيوم والمنجنيز والفوسفور والبوتاسيوم.

- إضافة الجير (كربونات الكالسيوم) يزيد من عملية التثبيت نظراً لأن الكربونات يجعل الوسط متعادلاً والكالسيوم يدخل فى نشاط إنزيم البكتينيز التى تساعد على اختراق الميكروب للشعيرة الجذرية.
- العناصر النادرة مثل المولبيدنم Mo هامة فى عملية التثبيت لأن هذا العنصر يدخل فى تركيب إنزيم النيتروجينيز والكوبلت يدخل فى تركيب مرافق الإنزيم Vitamin B12 الذى يشارك فى نشاط العديد من الإنزيمات.
- مستوى النتروجين المعدنى (الأمونيا والنترات) يؤثر عكسيا على تشجيع التثبيت (عامل مثبط).
- الأكسجين ضرورى لتنفس خلايا العائل والبكتيريا وإنتاج الطاقة اللازمة لعملية التثبيت، إلا أن زيادة مستوى الأكسجين بالعقدة عن مستواه بالهواء الجوى يعتبر مثبطا لإنزيم النتروجينيز، وينظم تركيز الأكسجين بالعقدة مادة Leg hemoglobin التى تتحد مع الأكسجين الزائد. وهذا يفسر قلة تركيز الأكسجين فى خلايا العقدة رغم زيادته خارجها، مما يوفر الحماية اللازمة لإنزيم النيتروجينيز.

ب - عوامل حيوية

*** السلالة البكتيرية**

حيث تختلف السلالات عن بعضها فى مقدرتها على تثبيت النتروجين ويرجع ذلك إلى السرعة التى تتحلل بها العقد الجذرية، فالسلالات غير الفعالة In-effective strains لا تستمر سوى 7 -10 أيام، بينما السلالات الفعالة Effective strains تستمر 6-7 أسابيع تثبت خلالها كمية نتروجين أكبر أى أن الفرق بين الاثنين فرق كمى Quantitative.

*** تخصص النبات العائل**

تختلف السلالات البكتيرية لصنف واحد من البكتيريا العقدية فى قدرتها على تثبيت النتروجين فى العوائل المختلفة التابعة لنفس المجموعة التبادلية؛ فمثلاً:

سلالة *R, meliloti* المعزولة من البرسيم الحجازى تستطيع تكوين عقد جذرية أيضاً على كل من الحلبة والنقل والحندقوق. إلا أنها أقدر على تثبيت كمية أكبر من النتروجين إذا ما لقحت البرسيم عن بقية نباتات المجموعة.

*** عدد البكتيريا العقدية من السلالة الملائمة فى التربة**

عدم وجود عدد كاف من سلالة قوية معناه نقص عدد العقد المتكونة على النبات وبالتالي نقص معدل التثبيت، وقد لوحظ تناقص أعداد الريزوبيا فى التربة بعد فترة من التلقيح، ويرجع ذلك إلى وجود البروتوزوا والبكتريوفاج التي تلتهم البكتيريا، كما أن زراعة الأرض بمحصول بقولي واحد لمدة طويلة يؤدى إلى قلة المحصول وضعف النباتات فيما يعرف بظاهرة Alfalfa sickness.

جدول (20): مقارنة عملية التثبيت من الميكروبات الحرة (لا تكافلي) والميكروبات التكافلية

وجه المقارنة	الحـــر	التكافلـي
مثال	*Azotobacter sp.*	*Rhizobium sp.*
طور النمو الذى يتم فيه التثبيت	اللوغاريتمى	الثابت
كمية النتروجين المثبتة	0.1 جم N / جم خلايا بكترويد	1-2.5 N/ جم خلايا بكترويد
كفاءة عملية التثبيت* الأزوتوباكتر الأزوسبيريلم	10-20 ملليجم N/ جم جلوكوز 5-10 ملليجم N/ جم جلوكوز	ريزوبيا البسلة (270 ملليجم N/ جم جلوكوز مستهلك*)
النشاط النسبي	40-80 ملليجم N/ جم بروتين/ ساعه	2-5 ملليجمN / جم بروتين/ ساعه
مصير النتروجين المثبت	تستعمل الجزء الأكبر فى بناء خلاياها وتفرز فقط 7-13% من N المثبت خارجها	أغلب ما تثبته من نتروجين (85-90%) يفرز خارج الخلايا

(*) يعلل الفارق الكبير بين كمية النتروجين المثبت من النوعين إلى استهلاك الخلايا الحرة الكثير من الكربون والطاقة لتكوين الخلايا الجديدة أو فى التنفس الهوائى الإضافى لإبعاد الأكسجين عن إنزيم النتروجينيز.

4-1-3-4- كيفية التلقيح بالبكتيريا العقدية

أ- استعمال التربة

هذه هى الطريقة القديمة وقل استخدامها الآن حيث ينقل جزء من التربة من الطبقة السطحية (5-20 سم) من حقل سبق زراعته بنجاح بنفس المحصول البقولى ويكفى 200 كجم تربة لتلقيح فدان واحد حيث تنثر هذه الكمية على سطح الحقل المراد تلقيحه وتقلب جيداً مع التربة قبل بذر البذور. ويعاب على هذه الطريقة احتمال احتواء التربة المضافة على بذور حشائش ضارة وآفات وميكروبات مرضية.

ب- استعمال المزارع البكتيرية

وقد تكون هذه المزارع سائلة أو على آجار أو على مادة حاملة Carrier وهى الشائعة الآن، حيث تنمى السلالة الفعالة المراد تلقيحها فى بيئة سائلة مناسبة مثل بيئة مستخلص التربة أو مستخلص الخميرة المانيتول وتحضن على 25°م لمدة 5-7 أيام ثم تضاف محتويات المزرعة إلى مادة حاملة مثل الدبال أو الكمبوست وحاليا مادة البيت الناعم ويخلط جيداً بحيث لا تقل الرطوبة عن 40-50% ثم يعبأ المخلوط فى أكياس البولى إثيلين المعقمة، وتحفظ على درجة حرارة منخفضة وعند الاستعمال تؤخذ كمية من هذا الحامل ويضاف إليها الماء لعمل معلق ويضاف إليه البذور المراد تلقيحها وتقلب جيدا ثم تنشر لتجف قليلا قبل الزراعة، ومن الحوامل أيضاً الطمى والفحم وقوالح الذرة المطحونة ومصاصة القصب وكمبوست بذور القطن وكلها مواد متوافرة محليًّا رخيصة الثمن ولها القدرة على الامتصاص وسهلة التعقيم.

والحامل الشائع الاستخدام لتحميل البكتيريا العقدية هو مستحضر العقدين وتركيبه لكل 1 كجم هو:

تربة منخولة	850 جم
مسحوق فحم حيوانى	100 جم
جيلاتيـــن	10 جم

مانيتـــول 1 جم

فوسفات ثنائى البوتاسيوم 5 جم

ويوجد حامل آخر تزايـد استخدامه مؤخراً وهو عـبارة عن خليط من التربة الطميـية ومطحـون عيدان البـرسيم بنسـبة 2:3 وهذا الخليط يوفر وسطا مـتعادلا ورطوبة ومواد غذائية مناسبة للميكروب.

ويلقح الحامل بمزرعـة تعتبر نشطة عـمرها خمسـة أيام من الريزوبيا وتخلط جيدا ويعـبأ فى أكياس، وتعـيش الميكروبات بكفاءة لعدة أشهـر على درجة حرارة الغرفة وتؤثر ظروف تخـزين الحامل المحمل باللقاح خاصـة درجة الحرارة والرطوبة النسبـية على حيـوية الريزوبيا؛ ولذا يجب إجـراء اختبـارات الجودة عليه وحـيوية الميكروب قبل الاستخدام وتكفى العبوة 100 جم لتلقيح الفدان.

4-1-4- تثبيت النتروجين تكافليا فى النباتات غير البقولية

Non-leguminous symbiosis

أثبتت الدراسـات وجود نباتات غير بقـولية يتكون على جذورها أيضـاً عقد بكتيرية قادرة على تثبيت النتروجين، وهذه النباتات عبارة عن أشجار خشبية معمرة يتبع بعضها مغطاة البذور Angiosperms مثل *Alnus glutinosa* (أشجار خشبية)، *Myrica gale* (نخيل الشمع)، *Hippophae* (مثبت للكثبان الرملية)، *Gasuarina* (مصد رياح قوى). والميكروب المسبب للعقد يتبع جنس فرانكيا *Frankia sp.* التابع لعائلة الأكتينوميسيتات (البكتيريا الشـبيهة بالفطر) وتوجد الفرانكيا فى طبقة القشرة Cortex. والبـعض الآخـــر يتـبع مـعـــراة البـذور Gymnosperm مـثل جنس *Macrozamia cycas* والميكروب المسبب للـعقد هو طحالب خـضراء مزرقـة مثل *Anabaena , Nostoc* وتوجد داخل خلايا منـطقة القشرة الخارجـية للجذر Outer cortex، والعقـد الجذرية فى بعض هذه الأشجـار قد تصل إلى حـجم كرة التنس (5-6 سم قطر) وكـميـة النتروجين تختـلف حسب النبـات وظروف التربة حـيث تتراوح بين 12 - 200 كجم/ هكتار سنويًا فى أشجار الألناس أمـا فى الجازورينا ففى حدود 58 كجم/ هكتار سنة.

أ) الفـرانكيا

من الأكتينوميسيتات الخيطيـة التى تنقسم فى أكثر من مستوى واحد، ويكون جراثيم إسبورانجـية وتتميز أفراد هذا الجنس بقدرتها على تثـبيت النتروجين الجوى تكافليـا بتكون عـقد جـذرية على النبـاتات غيـر البـقوليـة مـثل شجـر الألناس والكازورينا، بينمـا توجد فى التـربة الزراعيـة فى حالة حرة ولا تـستطيع تثـبيت النتروجين خارج العقدة.

وتظهر العقد على الجذور بعد مدة تتراوح من 10-20 يوما من تلقيح الجذور بمعلق من مسحوق العقدة، وتتشابه عـملية الغزو وتكوين العقدة مع ما يحدث بين الرايزوبيا والبقوليات حيث تقترب هيفـات الفرانكيا من جذور النبات غير البقولى، وإذا كان الميكروب مـتخـصصاً للعـائل يحدث انحناء لطرف الشـعيـرة الجذرية ثم يغزوها، ويتكون خـيط العدوى حتى يصل إلى طبقـة القشرة حيث تتكـون العقدة وتتم عمليـة تبادل المنفعة. وتأخـذ هيفات الفرانكيـا داخل العقدة أشكالاً مـتعددة فمنهـا ما يشـبه الخيـوط ومنها خـيوط لها نهـايات ذات أوعية صـولجانيـة وجدار مزدوج، ويعتقد أن بها إنزيم النيتروجينيـز مثل الهتيروسست فى الطحالب الخضراء



شكل (10): الشكل الظاهرى لخيوط (هيفات) ميكروب الفرانكيا

المزرقة، ومن الهيفات ما يوجد فى شكل أجزاء صغيرة Fragments وهى الصورة التى يخرج بـها الميكروب إلى التربة عـند تحلل العقدة ليـعيش فى الحـالة الحرة. وتختلف عقـد الفرانكيا عن عقـد الرايزوبيا فى البقوليـات باحتوائها على صـبغة حـمراء اللون من الإنثـوسـيانيـد بدلاً من الهـيمـوجلوبين، كـمـا أنها تخـتلف مورفولوجيـا وتشريحيا عنها. وتعـرف العوائل غير البقوليـة المتكافلة مع الفرانكيا باسم Actinorhizas.

وقد أمكـن التعرف على عـشرة أنواع تابعـة لجنس الفرانكيـا كلها مـتطفلة إجبـاريا مع وجود مرحلـة حرة بالتربة، وبنى التـقسيم عـلى أسس مورفولوجـية وفسيولوجية حسب التخصص فى إصابة العائل Gross inoculation وأيضاً حسب سمك الهيفا وشكل الانتفاخ الذى فى نهاية الهيفات، كما يتضح ذلك من الجدول التالى (رقم 21).

جدول رقم (21): الفروق بين أنواع جنس فرانكيا*

Actinomycete species	(العائل) Host species	Hyphae (um)
1. F. casuarina	Casuarina	0.3 – 0.5
2. F. brunchorsti	Myrica & Comptonia (?)	1.2-2.8
3. F. alni	Alnus	0.3-0.5
4. F. elaeagni	Elaeagnus; Hippophae, Shepherdia	0.3-0.5
5. F. ceanothi	Ceanothus	0.3-0.4
6. F. discariae	Discaria	0.3-0.4
7. F. cariariae	Coriaria	0.4-0.7
8. F. dryadiae	Dryas	0.5-0.8
9. F. purshiae	Purshia	0.3-0.5
10. F. cercocarpi	Cercocarpus	0.3-0.5

(*) (From Veeger & Newton, 1984).

ب) الأزولا Azolla وطحلب الأنابينا

نوع من السرخسيات المائية ينتشر فى البحيرات وجداول المياه والأراضى الغدقة Paddy soils خاصة فى المناطق الاستوائية حيث يتكاثر بسرعة عائماً على سطح المستنقعات؛ لذا فهو من الطائفات النباتية Photoplankton ذو أوراق مفصصة ثنائياً وله جذور رقيقة تتدلى فى الماء إلى عمق 1-2 سم حسب العمر، والأوراق مثلثة الشكل وقطر الورقة يصل إلى 15 سم فى الأنواع المسنة، والفص العلوى يستعمل للطفو وخال من الكلوروفيل تقريبا، بينما الفص السفلى به تجويف سطح داخلى مغطى بطبقة لزجة ويتواجد فيه الطحلب الأخضر المزرق المثبت للنتروجين الذى يعيش مع السرخس معيشة تكافلية، ويتصلان ببعضهما بواسطة شعيرات دقيقة، حيث يمد خلالها نباتات الأزولا الطحلب المتكافل معه بالمواد الكربوهيدراتية والعناصر الغذائية، بينما يأخذه منه النتروجين الذى يثبته ويحتوى جنس الأزولا على ستة أنواع هى: *A. mexicana , A. caroliniana , A. filiculoides* وهى الأكثر انتشاراً فى أوروبا وأمريكا والثلاثة الأخرى *A. nilotica A. microphylla , A. pinnata,* منتشرة فى المناطق الاستوائية وأعالى النيل وجنوب شرق آسيا.

ويصل نمو الأزولا وقدرتها مع الطحلب المتكافل معها على تثبيت النتروجين إلى أعلاها عند تعرضها لضوء الشمس بمعدل 40-50 كيلو لوكس Lux والحرارة المثلى له 5 - 45°م ورقم الحموضة 6-7، ويمكن استعمال الأزولا كلقاح فى الأراضى الغدقة المنزرعة أرزاً مما يوفر من عملية التسميد الأزوتى بالإضافة إلى ما يمد به التربة من مادة عضوية (سماداً أخضر). والطحلب الأخضر المزرق الذى يوجد داخل نبات الأزولا هو سلالة متخصصة لهذا السرخس؛ ولذا يعرف *Anabaena azollae*، وهو يتبع -Class cyanophyceae - Order Nostocales - Family Nostocaceae

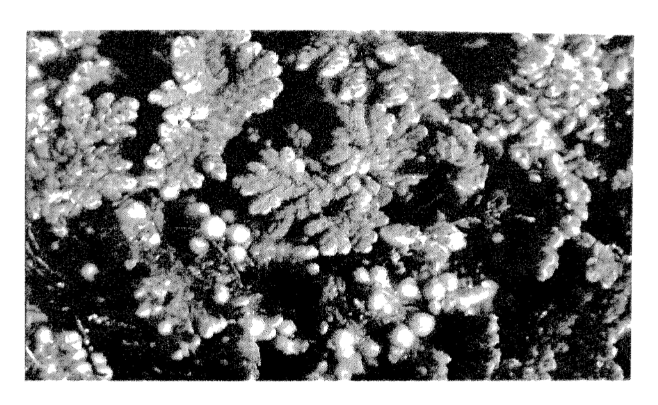
ويعيش داخل نبات الأزولا فى شكل خيوط لزجة تملأ فجوة الفص السفلى لورقة الأزولا، وخلايا خيط الطحلب برميلية الشكل ويمكن تمييز ثلاثة أنواع من الخلايا:

1 - الخضراء، وهى مراكز التمثيل الضوئى وتمثل 60% من خيط الطحلب.

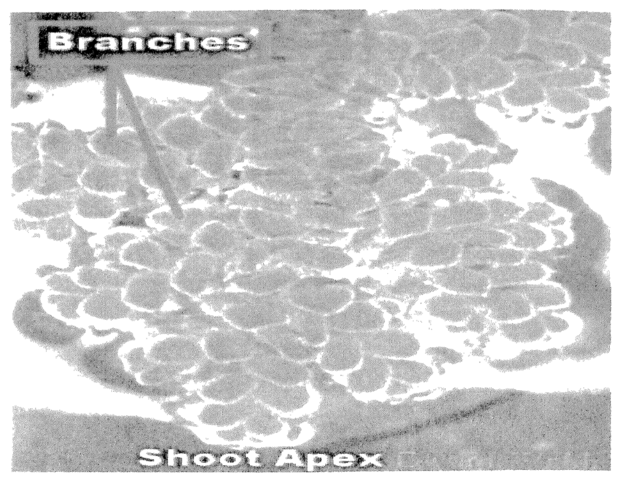
2 - هتيروسست، وهى مراكز تثبيت النتروجين وتمثل 30% من خيط الطحلب.

3 - متجرثمة، وهى ذات جدر سميكة وتمثل مرحلة الجراثيم الساكنة بالطحلب Resting spores وتمثل 10% من خيط الطحلب ويتكاثر الطحلب بإنبات هذه الجراثيم.

ويمكن الحصول على الأزولا خالية من الطحلب بتنميتها تحت ظروف برودة شديدة مع نقص الإضاءة أو باستعمال المضادات الحيوية كالبنسلين أو الإستربتومايسين.



شكل (11): نبات الأزولا المتكافل معه طحلب الأنابينا *Anabina azollae*



شكل (12): نبات الأزولا

ويتـمـيز الـطحلب وهو داخل نبـات الأزولا بارتفـاع محتـواه من خـلايا الهتيـروسست، وبالتالى ارتفـاع معدله فى تثبـيت النتروجين الذى يصل إلى 250 كجم N / فدان/ 4 أشهر (مـوسم الأرز) وهى تعادل نصف طن يوريا أو 1.20 طن سمـاد سلفات نشـادر وتتحلل الأزولا فـى الأراضى الغدقـة بعد 8 - 10 أيام من إضافتها للتربة ويستفيد منها الأرز النامى بعد 20-30 يوما.

5-1-4- ميكانيكية (آلية) تثبيت النتروجين حيويا

مـعروف أن غـاز النتروجين الجـوى N2 خـامل لا يدخل فى التـفاعـلات الكيماوية بسهولـة؛ لهذا يلزم تنشيطه بواسطة إنزيم أو مجموعة إنزيمية مـتخصصة يطلق عليـها Nitrogenases وهذا الإنزيم يوجد فى الميـكروبات المثبتـة للنتروجين ويعمل على تنشـيط النتروجين واتحاده مع الإيدروجين عـلى خطوات حتى تتكون الأمونيا كناتج أساسى لعملية التثبيت.

$$N_2 \xrightarrow{6H} N \equiv N \longrightarrow 2NH_3$$

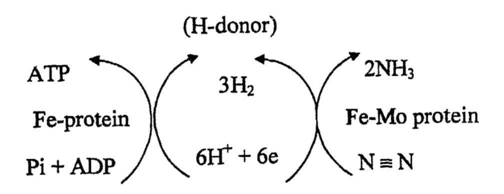
وقد أمكن عزل ذلك الإنزيم عام 1960 من ميكروب *Clostridium pasteurianum* ثم عزل عام 1975 من العديد من الأجناس الأخرى ومنها الريزوبيا، وهو يتكون من جزءين بروتينيين كلاهما أساسى لقيام الإنزيم بعمله

- الجزء الصغير Dinitrogenase reductase أو Iron protein ويحتوى على حديد ولا يحتوى على موليبدنم ووزنه الجزيئى صغير 50 - 70 ألف وحدة وحساس جداً للأكسجين وللبرودة ويحتوى على وحدتي Subunits متشابهتين بكل منهما 4 ذرات Fe، 4 مجموعات HS ويشبه الفيرودوكسين.

- الجزء الكبير Fe-Mo- Co Dinitrogenase يحتوى كل من المولبدينم والحديد بنسبة 1:20 والوزن الجزيئى كبير ما بين 100 - 300 ألف وحدة وهو أقل حساسية للأكسجين وغير حساس للبرودة ويتكون من 2 - 4 وحدات متشابهة (ويرجع ذلك لاختلاف الميكروب المعزول منه).

وفى جميع الخلايا الميكروبية المثبتة للنتروجين فإن النيتروجينيز يوجد فى الغشاء السيتوبلازمى وحساس جداً للأكسجين، ويتلف إذا ما تعرض له؛ لذا يعمل فى جو مختزل (PO2 تتراوح من 0.01 - 0.2 ضغط جوى) ويقوم الإنزيم بتحويل ATP إلى ADP وتستخدم الطاقة الناتجة فى عملية تثبيت النتروجين، ويحتاج جزىء النتروجين إلى 15 جزىء ATP (15 mole ATP/1 N2 fixed) كما يحتاج إلى مصدر للإمداد بالإيدروجين والإلكترونات وأيضاً يحتاج إلى الماغنسيوم Mg^{++} أثناء نشاطه.

ويقوم الجزء الكبير من الإنزيم بالارتباط بالنتروجين واختزاله، بينما يتحد الجزء الصغير مع ATP, Mg^{++} لتوليد الطاقة اللازمة لاختزال النتروجين فى الجزء الكبير ويلعب الحديد Fe دوراً فى كلا الجزءين لنقل الإلكترونات اللازمة لعمليات الأكسدة والاختزال.



أى أن عملية التثبيت النتروجينى الميكروبى تحتاج إلى عدة مكونات أساسية وهي:

أ - إنزيم النيتروجينيز بالميكروب.

ب - مصدر للطاقة ATP.

جـ - مصدر للقوة الاختزالية (H-donor).

د - الإزالة السريعة للأمونيا المتكونة فى حالة المعيشة التكافلية، وإلا فإن تراكم نواتج التثبيت تؤدى لتثبيط الإنزيم.

هـ - نظام لحماية النيتروجينيز من التثبيط بأكسجين الهواء الجوى.

وتوفير الوسط المختزل بأبعاد الأكسجين لا يمثل مشكلة للميكروبات المثبتة اللاهوائية مثل *Clostridium* والاختيارية مثل *Euterobacter* والممثلة للضوء مثل *Rhodospirillum* لأنها تعمل فى وسط لاهوائى ولابد من توفره لكى تنمو وتنشط.

أما الميكروبات الهوائية فإنها تلجأ إلى وسائل عديدة لتوفير الوسط المختزل اللازم لعملية التثبيت منها:

1 - الطبقة اللزجة السميكة التى تحيط بها الدراكسيا والبيرنجيا خلاياها.

2 - الحماية التنفسية أى معدل التنفس العالى التى تقوم بها الأزوتوباكتر لزيادة استهلاك الأكسجين وإنتاج الطاقة ATP وحماية النيتروجينيز من الأكسجين.

3 - قـدرة إنزيم النيـتـروجـينيـز على التـغـيـر فى الشكل الـفـراغى Conformational change فى خلايا الأزوتوباكـتر بالذات حيث يتغـير التركـيب الفراغى لبروتين الإنزيم فى وجـود الأكسجين، ويفقـد قدرته على التثبيت، بينما يعود الإنزيم إلى نشاطه المعتاد بغياب الأكسجين.

4 - القـدرة على التغـيـر فى الشكل المورفولوجـى كمـا يحدث مع خـلايا الأزوسبيريلـم المتعايش مع جذور قصب السكر حيث يتـغير من الشكل الواوى Vibrio الى الشكل الكروى Cocci والذى يتميز بوجود كبسول من السكريات الدهنيـة العديدة Lipopolysaccharides تحيط بخـلية أو أكثر وتحد من حركتها وتـعطى الحماية له كما أن الكروية الشكل تحتوى على المادة المخزنة PHB بكمية اكبر.

5 - خلايا الهتيروسست Heterocyst فى الطحالب الخضراء المزرقة، وتوجد بها إنزيم النيـتروجينيز ولا تحـتوى كلوروفيل ولا تقـوم بعملية التمـثيل الضوئى وإخراج O2 وبذلك توفر حماية للإنزيم، أما الطحالب التى لا تحـتوى على هتـيروسـست فإنهـا تقوم بعـملية التـثبـيت تحت ظروف لاهوائية.

6 - صبغة Leg haemoglobin الحمراء فى العقد الجـذرية الفعالة للريزوبيا وهى تقوم بعمل المنظم Buffer بالنسبة للأكـسـجين حول البكترويدات حيث تتحد مع O_2 عند تراكمه وتحرره بالكميات المطلوبة فقط.

7 - قدرة الفرانكيا على التثبيت حتى فى الجو العادى (PO_2 0.5) يرجع إلى وجود النيتـروجينيز فى أوعية ذات جدر خـارجية (الانتفاخات بالهـيفا يشبه الهتيروسست فـى السيانوبكتريا) وبذلك توفر للإنزيم المثبت PO_2

منخفض بالإضافة الى ارتفاع معدل التنفس بالأوعية مما يخفض PO_2.

ولقد ثبت أن هيمـوجلوبين عقد الفرانكيـا - حتى وإن وجد - ليس له دور فى تنظيم O_2 بالعقدة بعكس الريزوبيا.

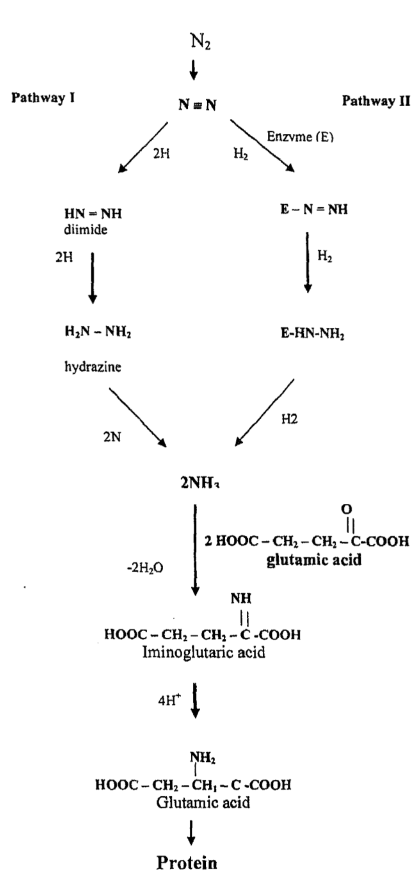
6-1-4 جينات تثبيت النتروجين فى الكائنات بدائية النواة

ويعرف بـ Nif genes (مجموعة چينات تصل إلى 18 چينا على الأقل) وقد أمكن نقل هذا العامل من مـيكروب لآخر باستـخدام الناقل Phage P1 أو بواسطة التـزاوج. وقـــد تمكن(Postgate, 1972) من نقل جـــينات Nif من مـــيكروب *Klebsiella pneumoniae* المثـبت *(Nif donor)* إلى *E. coli* غـيـر المـثـبت (Nif recipient) وبالتالى اكتسب *E. coli* صفة التثبيت تحت الظروف اللاهوائية، وتجرى الآن محـاولات لنقل Nif genes من الميكروبات المثـبتـة إلى كـائنات أكثـر رقيـا كالنباتات الزهرية، ولكن هناك مجموعة من الصعوبات منها:

- صعوبة نقل كل الچينات (أكثر من 18 جينا).
- هناك چينات منظمة لـعملية التثـبيت Regulations مثل الچـينات المنظمة لإفراز إنزيم Glutamic synthetase.
- توفـير الـچينات الخـاصـة بتكوين Leg haemoglobin اللازمة فى طور البكترويد ويتحكم فى تكوينها النبات العائل.

المركبات الوسطية لتفاعل التثبيت

الأمـونيا هى المركب الوسطى وأمكـن إثبـات ذلك باستـخدام النظيـر N^{15} وأيضاً عند إمداد الميكروبات بالأمونيـا، فإن عملية التثبيت تتـوقف كما يتضح من المعادلات التالية (شكل13).



شكل (13): المركبات الوسطية لتفاعل تثبيت النتروجين

4-2- اللقاحات المذيبة للفوسفات

يوجد الفوسفور في التربة الزراعية فى صورتين رئيستين

* **الصورة المعدنية (الفوسفات)** مرتبطة بالكالسيوم أو الحديد أو الألومنيوم أو مدمصة على الجزيئات الغروية وعند التسميد الفوسفورى للتربة فإنه يحدث تحولات للفوسفات القابلة للاستفادة بواسطة النبات طبقاً لـ pH التربة.

فى الأراضى القاعدية (**pH مرتفع**) يتحول فوسفات الكالسيوم الأحادية إلى الحالة الثلاثية غير الذائبة وتترسب مما يقلل من تيسيرها للنبات، ولكن يمكن استعادتها مرة أخرى بواسطة إفرازات جذور النباتات وميكروبات الريزوسفير.

أما الأراضى الحمضية (**pH منخفض**) فإن الفوسفات الذائبة تترسب فى صورة فوسفات حديد أو ألومنيوم وهى شديدة المقاومة لعملية الإذابة مما يؤدى إلى ظهور أعراض نقص الفوسفور على النباتات.

* **الصورة العضوية** تمثل جزءاً كبيراً من فوسفور التربة حيث تحتوى البقايا النباتية على 0.1 - 0.3% فوسفور، أما أجسام الميكروبات فتحتوى على كميات أكبر (البكتريا 1-3%، ميسليوم الفطريات 0.5 - 1%). والفوسفور العضوى يوجد فى صورة أحماض نووية - فوسفوليبيدات الفيتين - الليسيثين - المرافقات الإنزيمية... الخ وذلك فى الصورة المؤكسدة $PO_4^{\equiv}$ (بعكس S, N فهما فى الصورة المختزلة SH , $-NH_2$)، ويرجع ظهور أعراض نقص الفوسفور على النباتات أساساً إلى نقص الفوسفور الميسر (القابل للاستفادة للنبات) وليس إلى الكمية الكلية بالتربة.

وتلعب ميكروبات التربة دوراً هاماً فى تيسير الفوسفور بالتربة للنبات منها

1- معدنة وتحرير الفوسفور العضوى بواسطة الميكروبات عضوية التغذية Chemoorganotrophs مثل *Pseudomonas*، *Bacillus*، فطريات *Aspergillus*.

2- إذابة الفوسفات المعدنية المرسبة بالتربة بواسطة ما تفرزه ميكروبات الريزوسفير من أحماض، ك أ$_2$ أثناء عمليات الأيض الغذائى.

3- تكوين مواد مخلبية Chelating compounds مثل أحماض كيتوجلوكونيك، السكسنيك والخليك مع بعض الكاتيونات مثل الكالسيوم والحديد، مما يساعد على إذابة الفوسفات.

4- بكتيريا التأزت وأكسدة الكبريت تفرز أحماض النيتريك والكبريتيك التى تلعب دوراً فى إذابة الفوسفات.

وقد أمكن الاستفادة من الميكروبات المذيبة للفوسفات سواء المعدنية أو العضوية فى زيادة جهازية الفوسفات فى التربة وتم تحضير لقاح بكتيرى أطلق عليه "فوسفوبكترين"، وهو عبارة عن سلالة بكتيرية *B. megatherium* var. phosphaticum محمل على مادة الكاولينت Kaolinite أو على مادة عضوية وتلقح به جذور النباتات أو البذور. وبجانب إذابة للفوسفات فالميكروب يفرز منشطات نمو للنبات ولبكتيريا الأزوتوباكتر.

تأثير نسبة C/P فى التربة

ومما هو جدير بالذكر أنه إذا أضيفت للتربة مادة عضوية فقيرة فى الفوسفور فإن ميكروبات التربة لا تجد من الفوسفات ما يكفى لبناء أجسامها وبالتالى تلجأ إلى الفوسفور الميسر فى التربة وتثبيته داخل أجسامها مما يقلل من جهازية الفوسفور للنبات ويعرف ذلك بعملية Immobilization وهو فقد مؤقت حيث سرعان ما تموت الميكروبات وتتحلل أجسامها وينفرد الفوسفور مرة أخرى؛ ولذا ينصح بإضافة السماد العضوى قبل الزراعة بفترة كافية حتى تتم عمليات تحلل المادة العضوية والفقد المؤقت فى العناصر مبكراً ولا يتأثر بها النبات. أما إذا أضيفت مادة عضوية غنية بالفوسفور فإن الميكروبات تجد ما يكفيها من الفوسفور لبناء أجسامها وزيادة وبالتالى تحدث عملية معدنته Meneralization، أى أن نسبة C/P ratio فى المادة المضافة هى التى تحدد حدوث المعدنة أو الفقد المؤقت، فإذا ضاقت (قلت) النسبة (أقل من 1:200) فيحدث معدنة وإذا اتسعت (زادت) عن 1:300 (حوالى 0.2% من المحتوى العضوى) يحدث فقد.

تأثير الميكوريزا Mycorrhizae حيث تستطيع إمداد النباتات المتعايشة معها بالفوسفور الميسر حيث يفرز الفطر أحماضاً تذيب الفوسفور غير الذائب ويمتصه عن طريق شبكة الهيفات وتمد به النبات المتكامل معها والذى يمد الفطر بدوره بالمواد الكربوهيدراتية الميسرة والعناصر الغذائية. ويتم التلقيح بواسطة جراثيم الفطر المأخوذة من التربة المصابة مباشرة، حيث لم يتم إلى الآن على مستوى العالم عزل وتنمية هذه الفطريات على أوساط غذائية فى المعمل.

وأهم الميكروبات السائدة فى المناطق المعتدلة والمذيبة للفوسفات هى *Pseudomonas*، *Bacillus*، *Streptomyces*، وتزداد فى منطقة الريزوسفير حيث يصل إلى 30 - 50% من العدد الكلى للميكروبات.

3-4- اللقاحات المذيبة للعناصر المعدنية

مثل الكبريت والحديد والبوتاسيوم والمنجنيز والزنك والسليكون حيث تقوم ميكروبات التربة بمعدنة العناصر الموجودة فى الصورة العضوية وزيادة جهازيتها وتيسيرها للنبات أو تقوم بعملية أكسدة الصور المختزلة أو العكس اختزال الصور المؤكسدة مما يزيد تيسير العناصر للنبات، علاوة على ذلك فإن هناك عملية الفقد Immobilization حيث تثبت العناصر المعدنية فى أجسام الميكروب مما يحرم النبات من الاستفادة منها ولكنه فقد مؤقت، حيث سرعان ما تموت الميكروبات وتتحلل وتنطلق العناصر مرة أخرى، وأهم اللقاحات بكتيريا السليكات وهى البكتيريا من جنس *Bacillus* قادرة على تحويل البوتاسيوم من الصورة غير الذائبة إلى الصورة الذائبة الصالحة للامتصاص بواسطة النبات عن طريق تكوين أحماض عضوية تتفاعل مع مركبات سليكات البوتاسيوم مثل الأرثوكلاز Orthoclase ويتحرر البوتاسيوم.

الشروط الواجب مراعاتها فى اللقاح الميكروبى (المخصب الحيوى)

1 - القدرة على إحداث وتكوين عقد بكتيرية فى مختلف الظروف.

2 - له قدرة تنافسية كبيرة مع السلالات الموجودة أصلا فى الحقل.

3 - يلزم التعامل مع المخصب الحيوى بعيداً عن ضوء الشمس.

4 - له القدرة على تحمل عوامل التخزين واستعادة النشاط بعد التخزين.

5 - إضافة محلول صمغى للتقاوى قبل خلطها مع المخصب الحيوى وتترك لتجف هوائياً، ثم تبذر وتروى الأرض مباشرة، حيث ثبت أن تلقيح البذور أفضل من الإضافة المباشرة للتربة.

4-4- إنتاج اللقاحات الميكروبية على نطاق تجارى

إن إنتاج الكتلة الحيوية الميكروبية التى تستخدم كلقاح أو سماد حيوى للتربة وأيضاً كمبيدات حيوية أو كعلف حيوانى غنى بالمواد البروتينية والفيتامينات يتطلب استخدام مفاعلات حيوية Bioreactors أو مخمرات Fermentors ضخمة والتى يختلف شكلها وحجمها حسب كمية المنتج المطلوب، وتصنع المفاعلات المستخدمة على المستوى المعملي من الزجاج السميك المتحمل لحرارة التعقيم، إما على المستوى الصناعى فتصنع من الحديد غير القابل للصدأ أو الأبنية الخراسانية كما فى محطات معالجة الصرف الصحى. ويتم التحكم داخلها فى العوامل البيئية والمزرعية السائدة مثل درجة الحرارة ودرجة الحموضة وتركيز الهواء وتركيز المادة الخام وسرعة التقليب وهكذا.

4-4-1- عناصر العملية الحيوية (المفاعل الحيوى)

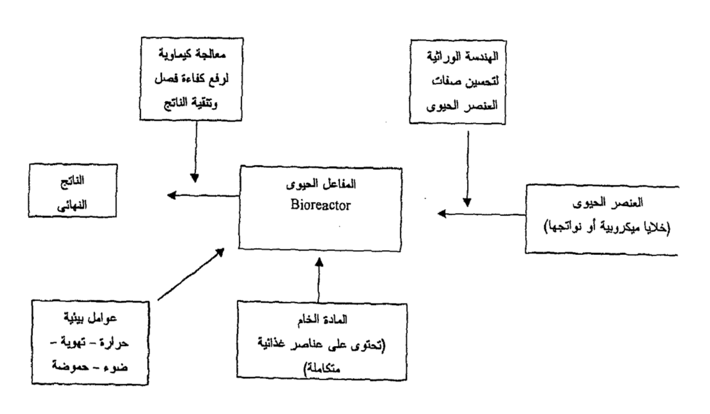
1 - العنصر الحيوى وهو خلايا أحد الكائنات الدقيقة مثل الخمائر أو البكتيريا أو الفطريات أو الطحالب ويقوم بإنتاج المنتج المطلوب، وقد يكون فى صورة نقية كما فى حالة إنتاج المركبات الدوائية والصناعية المختلفة أو عبارة عن خليط من مجاميع ميكروبية مختلفة فى حالة الأسمدة الحيوية.

2 - المادة الخام اللازمة لنمو وتكاثر الميكروبات وهى فى الأساس نواتج ثانوية مهملة لصناعات أخرى مثل المولاس الناتج من صناعة السكر أو شرش اللبن الناتج من صناعة الألبان أو الباجاس، واستخدامها ذو فائدة مزدوجة اقتصادية (رخيصة) وحماية البيئة من آثار تراكمها.

3 - العوامل البيئية من حرارة - تهوية - حموضة - ضوء - ضغط - أسموزية وذلك للتحكم فى أنسب الظروف المواتية لنمو العنصر الحيوى لإعطاء أكبر نمو ممكن.

4 - الهندسة الوراثية لتحوير وتحسين صفات العنصر الحيوى مثل إدخال جينات فى الكائن الحى الدقيق قادرة على إنتاج إنزيمات أو هرمونات أو فيتامينات مطلوبة، أو زيادة الكفاءة الإنتاجية للميكروبات، ومثل زيادة كمية تثبيت النتروجين أو زيادة معدل تحليل المواد الهيدروكربونية المعقدة، وهكذا وهى صيحة العصر.

5 - المنتج النهائى وأحياناً تجرى عليه عمليات فصل وتنقية وتركيز (معالجة كيماوية) ليس هذا مجالها، والشكل التالى (14) يوضح عناصر العملية الحيوية.



شكل (14): رسم تخطيطى يبين عناصر العملية الحيوية الميكروبية

2-4-4- كيفية الكشف عن كفاءة السلالة الميكروبية المستخدمة

لحسن سير العمل فى المفاعلات الحيوية وضمان ثبات الإنتاج بواسطة السلالات الميكروبية المستخدمة كعناصر حيوية يجب على المختصين إجراء مجموعة من القياسات الحيوية للوقوف على نشاط السلالة وضمان عدم حدوث تغيرات تؤدى إلى ضعف كفاءتها أو نقص نقاوة المنتج النهائى الذى ينعكس على المردود الاقتصادى لهذه الصناعة.

ومن أهم القياسات المستخدمة فى هذا المجال.

أ) تتبع منحنى النمو الميكروبى للوقوف على أى تغير فى الوقت الذى يستغرقه كل طور من أطوار النمو

ومعلوم أن معظم الكائنات الحية الدقيقة تتكاثر بطريقة الانقسام الثنائى البسيط Binary fission حيث تنقسم الخلية إلى خليتين ثم أربع وهكذا وهو ما يعرف بالنمو اللوغاريتمى أو الزيادة تبعاً لمتوالية هندسية،

عدد الخلايا $N .... 64 - 32 - 16 - 8 \leftarrow 4 \leftarrow 2 \leftarrow 1$

المتوالية $2^n .... {}^{6}2 \quad {}^{5}2 \quad {}^{4}2 \quad {}^{3}2 \quad {}^{2}2 \quad {}^{1}2 \quad {}^{0}2$

أى أن عدد الخلايا بعد عدد n من الانقسامات

$$N = 1 \times 2^n$$

ولو تم البدء بلقاح مقداره No فتكون عدد الخلايا

$$N = N_o \times 2^n$$

$$\text{Log } N = \text{Log } N_o + n \text{ Log } 2$$

$$n = \frac{\text{Log } N - \text{Log } N_o}{\text{Log } 2} = 3.32 (\log N - \text{Log No})$$

حيث n = عدد مرات التضاعف أو عدد الأجيال فى زمن قدره t.

$Log\ No$ = لوغاريتم أعداد الخلايا الحية فى بداية الفترة الزمنية المختارة (t_o)

$Log\ N$ = لوغاريتم أعداد الخلايا الحية فى نهاية الفترة الزمنية المختارة (t_r)

$Log\ 2 = 0.302$

وبمعرفة عدد الأجيال (n) يمكن معرفة الوقت الذى يأخذه كل انقسام ويعرف بوقت التضاعف أو مدة الجيل Generation time (G) وهى صفة ثابتة لكل سلالة ميكروبية ويختلف طوله من سلالة أخرى ويقاس بالدقائق وأحياناً بالساعات حسب الميكروب المستخدم.

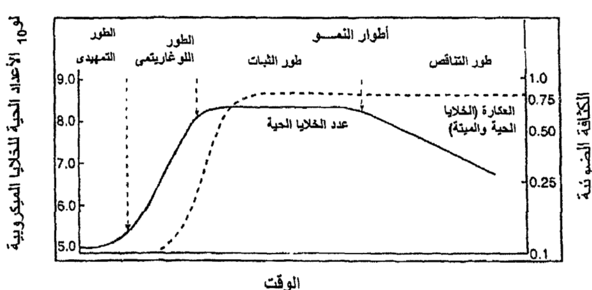
من المعادلة $g = t / n$

حيث t = هى الزمن الذى استغرقته العملية الحيوية أى $t_o - t_t$

n = عدد الأجيال أو مرات التضاعف فى الزمن t

g = عمر الجيل

وعند تلقيح سلالة ميكروبية معينة فى بيئة نمو ما وتحضينها على درجة الحرارة والمدة المناسبتين وأخذ عينات منها على فترات زمنية متقاربة وتقدير أعداد الخلايا (الحية والميتة) فإن سلوكها يأخذ شكل المنحنى التالى والذى يسمى بمنحنى النمو.



شكل (15): منحنى النمو البكتيرى بمراحله الأربعة

ويتضح من هذا المنحنى أن الكائن الحى الدقيق يمر بأربع مراحل (أطوار) رئيسة هى:

1- الطور التمهيدى Lag phase

ويعتبر طور التأقلم ويتم فيه تأقلم الخلايا على البيئة الجديدة وفيه تزداد الخلايا فى الحجم، ولا يكون هناك زيادة فى العدد وتنشغل كل خلية بتخليق ومضاعفة مكوناتها الداخلية.

2- طور الزيادة أو اللوغاريتمى Log phage

وفيه تتزايد أعداد الخلايا بطريقة لوغاريتمية مع الزمن نظراً لتوافر الغذاء والظروف البيئية المناسبة وتكون الخلايا فى أنشط حالاتها الفسيولوجية ويتم فيه حساب عمر الجيل ومعدل التضاعف. ويجب المحافظة على المزرعة الميكروبية فى هذا الطور للحصول على أعلى إنتاجية ممكنة.

3- طور الثبات Stationary phase

وفى هذا الطور تتساوى معدلات موت الخلايا مع معدلات النمو؛ ولذا تظل أعداد الخلايا ثابتة وهو أفضل طور للفحص المجهرى (المورفولوجى والتشريحى) للخلايا حيث تكتمل فيه المكونات الداخلية وتبدأ الخلايا فى التجرثم.

4- طور الهبوط أو التناقص Decline phase

وفيه تفوق معدلات الموت معدلات النمو؛ ولذا فإن أعداد الخلايا تتناقص تدريجياً لقلة الغذاء وارتفاع تركيز النواتج الوسطية للأيض الغذائى (التثبيط الرجعى).

ب) حساب معدل النمو (K)

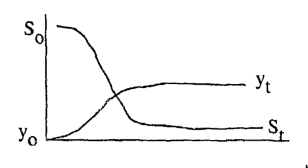
معدل نمو الخلايا هو عبارة عن كمية النمو للخلايا فى وحدة الزمن، وحيث إننا نستخدم هنا عدد مرات التضاعف خلال فترة زمنية معينة على أنها مقياس للنمو فيجب أن ينظر على معدل النمو على أنه عدد مرات التضاعف فى الساعة الواحدة؛ ولذلك فإن معدل النمو (K) يساوى مقلوب مدة الجيل (G) أى أن:

$$K = n/t \quad \text{or} \quad K = 1/G$$

جـ) تقدير إنتاجية الخلايا (Yc)

ويقصد بإنتاجية الخلايا كمية الخلايا الناتجة عن النمو نتيجة استهلاك وحدة الوزن (1 كجم) من وزن المادة الخام المستخدمة فى هذه الصناعة.

وتقدر عن طريق تلقيح السلالة الميكروبية المستخدمة فى الصناعة فى بيئتها المناسبة وتحضينها على درجة الحرارة المناسبة وأخذ عينات على فترات زمنية متقاربة وتقدير كل من وزن الخلايا وتركيز المادة الخام فى المفاعل الحيوى كما هو موضح فى الرسم التالى، ثم استخدام المعادلة التالية له فى حساب إنتاجية الخلايا.



$$y_c = \frac{y_t - y_o}{s_o - s_t}$$

حيث إن:

Yc = إنتاجية الخلايا Yield of cells

y_0 = تركيز الخلايا عند أخذ أول عينة وبعد التلقيح مباشرة (زمن = صفرا).

y_t = تركيز الخلايا بعد زمن قدره t من بداية التحضين.

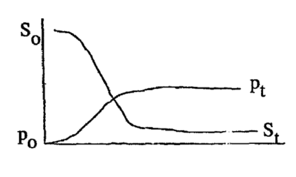
S_0 = تركيز المادة الخام عند أخذ أول عينة وبعد التلقيح مباشرة (زمن = صفرا).

S_t = تركيز المادة الخام بعد زمن قدره t من بداية التحضين.

د) تقدير إنتاجية المنتج النهائى (Y_p)

ويقصد بإنتاجية المنتج النهائى: كمية ناتج النمو نتيجة استهلاك وحدة الوزن (1 كجم) من وزن المادة الخام المستخدمة فى هذه الصناعة.

وتقدر عن طريق تلقيح السلالة الميكروبية المستخدمة فى الصناعة فى بيئتها المناسبة وتحضينها على درجة الحرارة المناسبة وأخذ عينات على فترات زمنية متقاربة وتقدير كل من تركيز الناتج النهائى وتركيز المادة الخام فى المفاعل الحيوى كما هو موضح فى الرسم التالى، ثم استخدام المعادلة التالية له فى حساب إنتاجية الناتج النهائي.



$$Y_p = \frac{P_t - P_0}{S_0 - S_t}$$

حيث إن:

Yp = إنتاجية المنتج Yield of product

P_0 = تركيز المنتج عند أخذ أول عينة وبعد التلقيح مباشرة (زمن = صفرا).

P_t = تركيز المنتج بعد زمن فترة t من بداية التحضين.

So = تركيز المادة الخام عند أخذ أول عينة وبعد التلقيح مباشرة (زمن = صفرا).

S_t = تركيز المادة الخام بعد زمن قدره t من بداية التحضين.

مثال: فى مصنع لإنتاج خميرة الخباز من مادة المولاس وخلال دورة التشغيل أخذت عينات من المخمر الحيوى وأجريت التحليلات لها وكانت كما يلى:

1- عدد خـلايا الخمـيرة عند بدايـة التشغـيل 10^3 خلية / مل وعـند نهاية التشغيل بعد 24 ساعة بلغت 2.2 X 10^8 خلية/ مل من المزرعة.

2- تركيز السكر فى بداية ونهاية دورة التشغيل 205 كجم/ م^3 و 5.0 كجم/ م^3 من المزرعة على الترتيب.

3- تركيز خـلايا الخميرة في بدايـة ونهاية فترة التـشغيل 0.7 و 82.7 كجم خميرة جافة/ م^3 من المزرعة علي الترتيب.

احسب ما يـلي: مدة الجيل ومعدل الـنمو وإنتاجيـة الخميرة بالنسـبة لوحدة الوزن من المولاس علما بأن تركيز السكر في المولاس 50%.

الإجابة:

أولاً: حساب عدد الأجيال طبقا للمعادلة:

$$
\begin{aligned}
n &= \log N_t - \log N_o \ / \ 0.302 \\
&= \log 2.2X10^8 - \log 1x10^3 \ / \ 0.302 \\
&= (0.322 + 8.0) - 3 \ / \ 0.302 \\
&= 17.5 \quad \text{(جيل)}
\end{aligned}
$$

ثانياً: حساب مدة الجيل طبقا للمعادلة:

$$
\begin{aligned}
G &= t \ / \ n \\
&= 24X60 \ / \ 17.5 \\
&= 82.3 \quad \text{دقيقة}
\end{aligned}
$$

ثالثاً: حساب معدل النمو طبقا للمعادلة:

$$K = 1 / G$$
$$= 1 / 82.3 \text{ min} = 1 / 1.37 \text{ hr}$$
$$= 0.73$$ مرة فى الساعة

رابعاً: حساب إنتاجية الخميرة طبقا للمعادلة:

$$Y_c = (X_t - X_o) / (S_o - S_t)$$
$$= (82.7 - 0.7) / (205 - 5)$$
$$= 0.41 \text{ kg yeast/kg sugar}$$

وحيث إن تركيز السكر فى المولاس 50% أى أن كل 1 سكر يأتى من 2 كجم مولاس إنتاجية الخميرة من المولاس= 0.41/2 = 0.205 كجم خميرة/ كجم مولاس

الباب الخامس

التسميد العضوى Organic Fertilization

إن أهمية المادة العضوية فى تحسين خصوبة التربة وزيادة إنتاجيتها معروفة منذ قدماء المصريين، حيث شوهد على جدران المعابد رسومات لقطع السنابل وفصل الحبوب، أما المخلفات فكانت تترك فى الحقل كغذاء للحيوانات أو لتتحلل فى التربة.

والمكون العضوى من التربة يشمل المخلفات النباتية والحيوانية وأجسام كائنات التربة الدقيقة فى درجات مختلفة من التحلل ويعرف ذلك بالدبال Humus وهو مادة غروية بنية مسودة اللون تتكون من مجموعتين من المواد: **الأولى** محددة التركيب هى الكربوهيدرات (كالنشا والسليلوز والشيتين والفينولات) والبروتينات والدهون واللجنين والراتنجات، وتمثل 10-15% من الدبال **والأخرى** مواد معقدة ذات وزن جزيئى كبير مثل حمض الهيوميك وحمض الفلفيك والهيومين وتمثل 85-90% كميا . .

حمض الفلفيك Fulvic acid

وهو مادة غير بلورية لونه أصفر أو بنى ذو وزن جزيئى عال، عبارة عن خليط من عدة مواد. . ذوبانه عال فى الماء والكحول والحامض والقلوية ونسبة الكربون الحلقى بسيطة والكربون فى سلاسل جانبية، وللحامض القدرة على عملية التبادل الأيونى نتيجة وجود المجاميع النشطة مثل الكربوكسيل والكربونيل والفينول والأمين، وهو حمض ضعيف وأملاحه ذائبة فى الماء وهام فى إذابة مكونات التربة المعدنية. .

حمض الهيوميك Humic acid

مركب معقد ذو وزن جزيئى عال يحتوى على حلقات عطرية ويشبه حمض الفلفيك من حيث احتوائه على المجاميع النشطة والقدرة على عملية التبادل الأيونى، وهو أيضاً حمض ضعيف يساهم فى زيادة القدرة التنظيمية للتربة ولكن أكثر نضجاً ووزناً جزيئيا من الفلفيك.

الهيومين Humin

الجزء غير الذائب (من المواد الدبالية) بواسطة المحلول القلوى - ويعد أكثر تعقيداً من سابقيه حيث يرتبط مع معادن الطين، وترجع أهميته إلى دوره فى تكوين الحبيبات المتجمعة Aggregates، ويعتبر مخزناً للعناصر الغذائية للنبات، ويعمل كمهد مناسب لإنبات البذور، وأيضاً يقوم بتكوين مركبات مخلبية مع العناصر الصغرى كالحديد والزنك والمنجنيز مما يزيد من تيسيرها للنبات.

ومما هو جدير بالذكر أن مساهمة الدبال فى زيادة السعة التبادلية الكيتونية يصل إلى 162-360 ملليمكافئ/ 100 جم تربة مقارنة بمعدن طين الكاؤلينيت فهى 3-100/15 جم تربة فقط أما المونتموريلليت حوالى 8-150 ملليمكافئ/ 100 جم تربة.

كما أن النشاط الحيوى يرتبط أساساً بالمكون العضوى لأن أغلب الميكروبات غير ذاتية التغذية (هتيروتروفية) تعتمد على الكربون العضوى كمصدر للطاقة وبناء أجسامها، كما أن المكون العضوى يعتبر مخزناً للعناصر الغذائية ومهداً لكائنات التربة، حيث تؤدى عملية معدنة الميكروبات للمخلفات العضوية إلى تيسير العناصر للنبات كالنتروجين والفوسفور والكبريت، وأيضاً الأحماض التى تفرزها الكائنات الدقيقة يؤدى إلى إذابة وتيسير العناصر من الصخور والمركبات الحاملة له مثل البوتاسيوم والعناصر الدقيقة.

ولذا من المهم استعراض أنواع الأسمدة العضوية المختلفة وطرق إنتاجها..

1-5-سماد المزرعة (السباخ البلدى) Farm yard manure

سماد المزرعة هو خليط من مخلفات الحيوانات (المجترة أو الناقلة أو الدواجن) مع الفرشة (التراب أو القش أو نشارة الخشب) وهو فقير فى تركيبه، حيث يحتوى النوع الجيد على 1% مادة عضوية و 0.35% نتروجين ويرجع ذلك إلى أخطاء عديدة فى تحضيره وطرق استعماله . .

جدول (22): مقارنة بين تركيب مخلفات الحيوانات المجترة والدواجن..

المكونات	حيوان 500 كجم يفرز 41 كجم روث وبول		دواجن 2 كجم يفرز 1 كجم
	روث	بول	
N	%0.6	%0.5	%1.4
P_2O_5	%0.3	%0.3	%1,1
K_2O	%0.7	%0.7	%0.6
مادة جافة	%25	%10	%25

أولاً: تركيبه: يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسة هى:

أ - الروث Feces: وهو الجزء غير المهضوم من غذاء الحيوان ويختلف تركيبه طبقاً لنوع الحيوان وعمره وطبيعة العمل الذى يؤديه ونوع العلف الذى يتناوله . .

ب - البول Urine: أهم العناصر الموجودة فى البول هى الآزوت والبوتاسيوم، وأيضاً يختلف من حيوان لآخر حسب النوع والسن وطبيعة العمل ونوع العلف . .

جـ - الفرشة Bedding: هى التى توضع أسفل الحيوانات لامتصاص البول والروث ومنع البلل، والفرشة المعتادة هى التراب أو قش الأرز أو عروش الخضروات والفواكه أو نشارة الخشب، وأقلها فائدة هى التراب الذى يؤدى لانخفاض القيمة السمادية وتقوم الكائنات الدقيقة بتحليل

المواد العضوية الآزوتية منتجة الدبال بجانب غازات ك أ2 ، الميثان والأمونيا ولذا يضاف أحيانا الجبس الزراعى وسوبر فوسفات لتثبيت الأمونيا وعدم فقدها، كما أنه تنتج حرارة فى الكومه تصل إلى 65 - 70°م فى المفككة، بينما تقل فى المدكوكة إلى 40 - 45°م وتؤدى الحرارة إلى فقد كبير فى المواد الغذائية بالسباخ.

ثانيا: كيفية التحضير

- ينبغي أن تكون أرض الزرائب مدكوكة أو أسمنتية حتى لا تنفذ السوائل السمادية القيمة منها ومرتفعة السقوف للتهوية والإضاءة.
- يفضل أن يكون التراب المستعمل كفرشة جافا ناعماً غير مالح وأن يخلط مع قش الأرز أو التبن أو أوراق وعروش الخضروات والفواكه أو مصاصة القصب حتى يمتص البول وسوائل الروث.
- يتم إخراج السماد كل بضعة أيام وتكمر خارج الزرائب فى حفر بعمق 0.75 - 1م أو على رأس الحقل لحين الاستخدام مع التغطية بطبقة من الطين أو البلاستيك لحمايتها من الأمطار والرياح.
- يراعى الترطيب بالماء من آن لآخر خاصة فى أشهر الصيف الحارة.
- يفضل إضافة الجبس الزراعى أو صخر الفوسفات مع الفرشة بمعدل 2 كجم/ حيوان/ أسبوع للحد من فقد الأمونيا.

مرحلة النضج

السماد الناضج يصل إلى حالة اتزان بسرعة مع التربة ولا يحدث خللاً فى تيسير العناصر الغذائية للنبات فيما يعرف بـ Immobilization أي التثبيت المؤقت فى أجسام الميكروبات، كما أن عملية النضج تؤدى لخفض الحجم إلى 50 % ويساعد على موت بذور الحشائش المرضية والحشرات والقوارض بسبب ارتفاع درجة الحرارة. ويفضل إضافة السماد الناضج مباشرة قبل وضع البذور، بينما غير الناضج يحتاج إلى أربعة أسابيع قبل الزراعة.

ثالثا: التخزين: هناك طرق مختلفة

1) السماد البارد: Cold manure

هذا النظام يتبع فى وسط أوروبا حيث يجمع السماد يوميا ويكوم ويدك جيداً لتوفير الظروف اللاهوائية ولا ترتفع درجة الحرارة عن 30°م والفائدة تقليل الفقد فى الأمونيا بالتطاير (10% فقط) وأيضاً تموت كثير من بذور الحشائش والميكروبات المرضية لنقص الأكسجين. ويعاب عليها تكوين نواتج التخمر اللاهوائى الوسطية الضارة.

2) السماد الحامى: Warm manure

يستفاد من مميزات الظروف الهوائية واللاهوائية حيث تضاف طبقات السماد إلى الكومة تدريجيا، حيث تترك الأولى للتحلل الهوائى (2-4 أيام) وتصل الحرارة إلى 50°م فتضاف الطبقة التالية وعندئذ فإن الطبقات السفلى تتوافر فيها الظروف اللاهوائية وتنخفض الحرارة إلى 30°م وتتميز بالتخلص من معظم بذور الحشائش والمسببات المرضية، ولكن يحتاج إلى خبرة وعمالة كبيرة ويرتفع فقد عنصر الأمونيا بالتطاير إلى 24%.

رابعاً: كيفية الاستعمال:

- يتم نثر السباخ على الأرض ويحرث فيها مباشرة، أما تكويمه فى كومات مبعثرة فى الحقل أو تركه مدة طويلة قبل الحرث يعرضه لفقد قيمته السمادية وعناصره الغذائية حيث يتعرض النتروجين للفقد بالتطاير فى صورة نشادر أو أكاسيد نتروجينية أو بالغسيل عند سقوط الأمطار.
- السماد المنتج فى الشتاء يضاف فى أول الربيع والمنتج فى الصيف يضاف فى الخريف.

2-5-سماد كمبوست المزرعة (سماد المكمورة) Farm compost

هو المتحصل عليه من التحلل الهوائى للفضلات النباتية (مخلفة الحقل) لقش الأرز وأحطاب القطن والذرة بعد تقطيعها أو عروش الموز والبنجر والطماطم

وغيرها من الخضروات ونواتج تقليم الأشجار والحشائش. حيث يتم كمر المخلفات فى كومات أو مصفوفات مع عملية التـقليب المستمرة للتهوية وإضافة (الرش) الماء للمـحافظة على نـسبـة الرطوبة اللازمة للـنشاط الميكروبى فى حـدود 70 -80% وخفـض درجة حـرارة الكومة حـتى لا تصل إلى مرحلة الاشـتعـال الذاتى غـير المطلوبة مع إضـافة الآزوت والفوسـفور اللازمين لتغـذية الكائنات الدقيـقة ولرفع القيمة السمادية للكمبوست.

أولاً: مراحل التحلل:

بداية تقـوم الميكروبات الهوائيـة العالقـة بالمخلفات سـواء كانت بكتـيريا أو أكتينوميسيتات أو سيتوفاجا أو فطريات بتحليل المواد السليلوزية والشيتينية والبكتينية والدهنية مما يؤدى لارتفاع نسبة اللجنين الصـعب التحلل وأيضاً نسبة البروتين نظراً لزيادة الكتلة الخلوية الميكروبيـة، وأيضاً ترتفع درجة حـرارة المكمورة إلى 80-65(م نتيجة الطاقة الناتجة عن التفاعلات الأيضية الميكروبية، وهنا تلعب الميكروبات المحبة للحرارة العالية (الثرموفيليـة) دوراً كبيراً، والمفروض ألا تصل المكمورة إلى مرحلة الاشتعال أو مرحلة التعفن، حيث تسود الظروف اللاهوائية بها ثم يلي ذلك مرحلة ما قبل النضج حيث تنخفض سرعة التحلل نتيـجة مهاجمة المواد الصعبة كاللجنين وتنخـفض درجة حرارة الـكومة ثم الدخـول فى مرحلة النضج حـيث يتكون من الأحماض الدبالية وتزداد أعداد الميكروبات وتصل نسبة C/N إلى 20:1.

ثانياً: كيفية التحضير

- تكوم المخلفات النباتية فى صورة طبقات ارتفاع كل منها نصف متر تقريباً وترش بالماء ويضاف إليـها سلفات النشـادر وسوبر الفوسفـات وكربونات الجيـر لمعادلـة التأثيـر الحامضـى للسلفات، وتغطى بالتـراب أو القش أو البلاسـتيك مع مراعاة التـرطيب المستمـر وفى حدود 70 - 80% رطوبة بحيث لا يكون السماد جافاً أو مشبعاً غدقاً بالماء.
- تقلب الكومة كل شهر تقريباً مع إعـادة التكويم حتى تتجانس كافة أجزاء الكومة ، ويكرر هذا العمل حتى تنضج الكومة فى حدود 3 - 10 أشهر حسب نسبة المواد الخشبية بالفضلات.

- يخزن سماد المكمورة إلى حين الاحتياج إليه بحمايته من الشمس والرياح ومداومة الترطيب بالماء ، ويعطى الطن الواحد من الفضلات حوالى 2.5م3 سماد عضوى.

ثالثا: الاحتياطات

- استخدام الفضلات عديمة القيمة مثل قش الأرز وحطب القطن وعروش الخضروات والفاكهة ومصاصة القصب، بينما قش القمح والشعير وأحطاب الذرة تستعمل كغذاء حيواني.
- يفضل عمل الكومات على رأس الحقل نفسه لتقليل نفقات النقل.
- يفضل تقطيع المخلفات مثل أحطاب القطن وعروش الخضروات إلى قطع صغيرة للإسراع من تحللها.
- أحياناً تلقح الكومة بتربة خصبة كمصدر للميكروبات ولسرعة التحلل.
- مراعاة الترطيب المستمر لخفض حرارة الكومة مع التقليب للتهوية اللازمة. - تجنب بقايا النباتات التى تم رشها حديثاً بالمبيدات الكيماوية والنباتات المصابة بالأمراض والحشائش المعمرة.

3-5-الأسمدة الخضراء Green manures

هى محاصيل تزرع ليس بغرض الاستعمال الآدمي أو الحيواني، ولكن لكى تُقلب (تُحرث) فى الأرض وهى خضراء لزيادة محتوى التربة من المادة العضوية ولتحسين خواصها، ولكن نظراً لزيادة عدد السكان ونقص الأراضى الزراعية بسبب المبانى وشدة الطلب على المنتجات الزراعية فإن هذا الأسلوب قد اندثر تماما، وأصبح غير مجد ولكن ينصح باستخدامه فى الأراضى الصحراوية والمستصلحة حديثا، وتستخدم عادة النباتات البقولية نظراً لارتفاع نسبة النتروجين المثبت فى عُقد جذورها وانخفاض نسبة السليلوز واللجنين، كما تفضل النباتات صغيرة العمر لسهولة تحللها فى حين النباتات المسنة تتحلل ببطء ولكنها تعطى كمية دبال أكثر أي أن عمر النباتات المستخدمة كسماد أخضر يلعب دوراً فى كمية الدبال الناتجة وتيسير العناصر للنبات.

كما أن الأسمدة الخضراء تلعب دوراً فى حماية التربة من الانجراف بسبب عوامل التعرية كالرياح الشديدة والأمطار الغزيرة، وينبغي قلب النباتات فى التربة لمدة لا تقل عن شهر ونصف من زراعة المحصول التالى حتى لا يؤثر على إنبات التقاوى نظراً لزيادة نسبة CO_2 فى هواء التربة وأيضاً يسبب أضراراً لجذور البادرات.

وتحرث النباتات عميقاً بالأراضى الخفيفة عن الأراضى الثقيلة تجنباً لسرعة تحلل المادة العضوية، كما يجب توفر الرطوبة المناسبة للنشاط الميكروبى. ويختلف محتوى التربة من النتروجين بعد زراعة محصول بقولى عنه لو كان غير بقولى حيث يتراوح من 15 كجم/ فدان بالنسبة للفول البلدى إلى 100 كجم/ فدان بالنسبة للبرسيم أربع حشات، بينما تراوحت 35 - 50 كجم/ فدان للعدس والترمس والفاصوليا.

4-5-سماد وعلف زرق الطيور

يوجد حوالى 12 مليون طن مخلفات حيوانية سنويا فى مصر يستفاد من أربعة ملايين طن منها فقط كسباخ بلدى والباقى يفقد بالحرق المكشوف (الاشتعال الذاتى) أو الإلقاء على حواف الترع والمصارف مسببا تلوثا بيئيا وبصريا خطيرا.

ومن المعلوم أن زرق الطيور يحتوى على نسبة عالية من العناصر الغذائية فى صورة صالحة وسهلة للهضم مثل النتروجين والبوتاسيوم والكالسيوم والفوسفور ونسبة عالية من الألياف فى صورة سليلوز وهيمسليلوز ولجنين ، ويختلف محتوى هذه المخلفات حسب المواد المستخدمة كفرشة أسفل الطيور - كما يتضح من الجدول التالى - فالأرضية المفروشة بالقش تختلف عن المفروشة بالأحطاب المطحونة أو نشارة الخشب كما يتضح من جدول (23).

جدول (23) مقارنة محتوى المواد المستخدمة كفرشة فى حظائر الدواجن

مادة الفرشة المستخدمة للدواجن	بروتين خام ٪	بروتين خام ٪	نسبة الهضم من المواد الجافة ٪
1 - نشارة خشب	20.9	12.0	72.4
2 - حطب ذرة مطحون	22.0	19.3	71.8
3- قوالح ذرة مطحونـة	26.5	13.9	73.5
4- قـش الأرز	21.7	20.1	70.4
5- مصاصة القصب	22.3	16.4	70.1
6- قشر الفول السودانى	24.7	19.6	66.7

ويلاحظ الآتي:

- يختلف زرق الدواجن طبقاً لنوعـية الأصناف.. هل هى لإنتاج اللحم أم البيض وأيضاً يختلف حسب عمر الدواجن.
- ويمتاز زرق الدواجن باحتوائه على معظم الأحـماض الأمينية والمعادن التى تحتاجها حيوانـات المزرعة أو الدواجن نفسها أى يمكن أيضاً أن يدخل فى تصنيع العلف.
- ثبت أن كـمية الـبروتين الخام المـوجود فى زرق الدجـاج البيّاض يـعادل ضعف كمية البروتين الموجودة فى البيض الناتج؛ ولذلك فإن قيمته كعلف أفضل بأكثر من 3-10 أضعاف قيمته لو استخدم كسماد عضوى. ويوضح الجدول التالى (24) محـتوى البروتين والألياف فى الزرق مـقارنة بروث الأبقار.

جدول (24): التركيب النوعى لمخلفات مزارع الدواجن والماشية

مصدر المخلف	إنتاج المخلف كجم/ فرد	محتوى المادة العضوية كجم/ فرد	البروتين الخام كجم/ فرد	السليلوز	اللجنين	الرماد
				% من المادة الجافة		
دجاج تسمين	6.8	5.8	1.7	11	4	22
دجاج بيّاض	24.00	18.7	3.4	15	3	28
بقرة حلوب	880.00	790.00	132.00	25	13	9
ثور لحم	657.00	558.0	79.00	17	8	7

كيفية المعالجة

ملحق حالياً بمزارع الدواجن - سواء تسمين أو بياض - وحدات لتحويل الزرق إلى سماد أو علائق حيث يتم:

- تخزين الزرق تحت ظروف لاهوائية لمدة عشرة أيام لإتمام عملية التخمير حيث ترتفع درجة الحرارة بدرجة تكفى لقتل والقضاء على المسببات المرضية وبيض الديدان والطفيليات المختلفة وأيضا لمزيد من التحلل للمواد العضوية إلى صور أبسط، ويتم التخزين إما فى غرف معزولة أو أحواض معدنية أو صناديق خشبية محكمة الغلق.
- يمكن إضافة بقايا بعض المحاصيل لتخفيض نسبة الرطوبة بحيث لا تزيد عن 50%.
- بعد انتهاء فترة التخمر يمكن تغذية الحيوانات على هذه العليقة بعد خلطها بنسبة 40% من العليقة العادية أو خلط 60% روث مواشى معالج + 20% زرق دواجن معالج + 20% جريش حبوب أو قشر أو بقايا نباتية.

احتياطات وسلبيات إعادة استخدام الزرق المعالج كعلائق تغذية:

أ - ألا تزيد درجة الحموضة عن pH 5.5 ولا تقل عن 4.5.

ب - هناك بعض المخاطر الصحية عند إعادة استخدام الزرق فى التغذية مثل:

- حدوث تراكم للعناصر فى لحوم الحيوانات خاصة عند تغذية الحيوان بمخلفات نفس نوعه مثل تراكم الكالسيوم فى دجاج البيض والنحاس فى دجاج التسمين ، أما الأغنام فتتأثر بصورة أوضح من غيرها من حيوانات المزرعة عند تغذيتها على زرق دجاج تسمين نسبة النحاس به أعلى من 200 جزء/ مليون.
- حدوث تراكم لبعض العقاقير والهرمونات التى تعطى للحيوانات حيث وجدت بقايا السلفا والزولين والفيوران فى لحم حيوانات تم تغذيتها على زرق دواجن تم معالجتها بهذه المواد.
- حدوث تراكم لبعض المبيدات الضارة حيث تجد المبيدات طريقها إلى النباتات ومخلفاتها وبالتالى إلى العلف ومنه إلى الروث ومنه إلى الحيوانات التى تتغذى عليه لدرجة أنه وجد نسبة من هذه المبيدات فى ألبان هذه الحيوانات، ويمكن التغلب على هذه المشاكل بتحليل الزرق قبل استخدامها للتأكد من أنها فى حدود المسموح.

جـ - وقد أثبتت التجارب المزرعية كفاءة هذه العلائق المعالجة حيث:

- زاد إنتاج البيض عند تغذية دجاج بياض على عليقة تحتوى "زرق معالج" بنسبة 40% معدلا به نسبة البروتين والكالسيوم والنتروجين مقارنة بالدجاج البياض الذى يتغذى على العلائق العادية.
- أيضاً ثبت أن إضافة زرق الدواجن بنسبة 22% لعليقة الأغنام تحقق زيادة فى اللحوم بمعدل 130 جم/ يوم مقارنة بنفس الحيوانات التى تتغذى على عليقه فول صويا ومولاس حققت 110 جم/ يوم فقط.
- كما أن تربية عجول صغيرة بعليقة تحتوى 72% زرق دواجن + 22 % مخلفات مزارع +6% مولاس + بعض الفيتامينات والأملاح قد حقق الحصول على 550 جم لكل رأس فى اليوم الواحد.

5-5- سماد كمبوست القمامة Carbage compost

وتشتمل القمامة على عدة مكونات هى:

1 - كناسة المساكن والشوارع من ورق وخرق وقطع زجاج ومعادن وبلاستيك وأخشاب ومعلبات فارغة... إلخ.

2 - فضلات الأسواق المحال التجارية والمستشفيات.

3 - روث الحيوانات والإسطبلات والحيوانات النافقة ومخلفات المذابح والمسالخ.

4 - مخلفات المطابخ من المنازل والفنادق والمدارس.

5 - المأكولات التالفة بالأسواق أو المنازل.

وتُشكل القمامة فى المدن والقرى مشكلة مضطردة حيث تتزايد بمعدلات رهيبة وصلت إلى مئات الأطنان سنوياً بسبب الزيادة فى عدد السكان والتطور العمرانى والاستهلاكي، حيث وصل نصيب الفرد فى أوروبا أكثر من كيلو جرام يومياً وفى أمريكا إلى 4 كيلو جرامات يومياً ويصل مجموع قمامة الولايات المتحدة الأمريكية إلى 160 مليون طن سنوياً.

ويختلف التركيب النوعى للقمامة من مدينة لأخرى داخل الدولة الواحدة بل من مكان لآخر داخل المدينة الواحدة، فمثلا فى المدن الجامعية تختلف عن القرى السياحية فتزيد كمية الورق فى الجامعات ويزداد البلاستيك والمعلبات فى الثانية.

وفى دراسة للباحث Vesilind عام 1982 وجد أن المخلفات الورقية تمثل 50% من القمامة، الخشب 2%، الأقمشة 2%، البلاستيك 3%، الزجاج والسيراميك 10%، بقايا الأطعمة 12%، القطع والمعلبات المعدنية 8% ومواد ومخلفات الحدائق 9% ومواد أخرى 4%.

كما تمثل مشكلة القمامة مشكلة صحية خطيرة، حيث تمثل بؤر النمو للحشرات والقوارض والبعوض الناقلة للأمراض، حيث وجد أن قدما مكعبا واحدا من القمامة تمثل وسطا مناسبا لحياة وتوالد 70 ألف ذبابة. وأيضاً فهى بيئة خصبة

لنمو الميكروبات المرضية والهوام كالفئران والقطط والكلاب مما يساعد على انتشار الأمراض المعدية.

أيضاً تمثل مشكلة بيئية من انبعاث روائح كريهة نتيجة تخمر المواد العضوية وانبعاث أكاسيد الكربون والنتروجين والكبريت (غازات الاحتباس الحرارى) والديوكسين نتيجة الاشتعال الذاتى للقمامة أو الحرق المكشوف، كما أن هناك أضرارا بالبنية الأساسية من انسداد المجارى والقنوات وأضرار سياحية نتيجة نفور السائحين من زيارة أماكن انتشار القمامة وتشوه جمال الطبيعة.

ولا توجد حتى الآن طريقة مثلى للتخلص من النفايات بصورة فعالة، حيث لكل منها عيوبها وتكلفتها الاقتصادية، فمثلاً:

1 - محارق القمامة تؤدى لتصاعد أكثر من 100 مادة سامة أو ملوثة للجو، مثل أكاسيد الكربون والنتروجين والكبريت والرماد... إلخ.

2 - أسلوب الدفن فى مقالب تحت سطح الأرض أو ردم الأراضى المخفضة أو البرك أو المستنقعات أو التكويم فى صورة هضاب صناعية هو تخلص مؤقت من المشكلة وتصدير لها من مكان لآخر وتعتبر مصدراً لانتشار الأمراض والأوبئة.

3 - القذف فى البحر كما هو الحال فى المدن الساحلية والجزر كالبحرين وجزيرة كريت، وبمرور الوقت وتراكم القمامة الرهيب تستخدم ذلك فى تجفيف البحر وتوسيع رقعة الجزيرة ولكن يعيبها تلوث مياه البحر.

4 - طعام الخنازير Hog feeding وهى تنتشر فى المجتمعات الغربية بعد فصل الأجزاء الصلبة عن الأجزاء التى يمكن أكلها ويؤدى هذا إلى انتشار الدودة الشريطية.

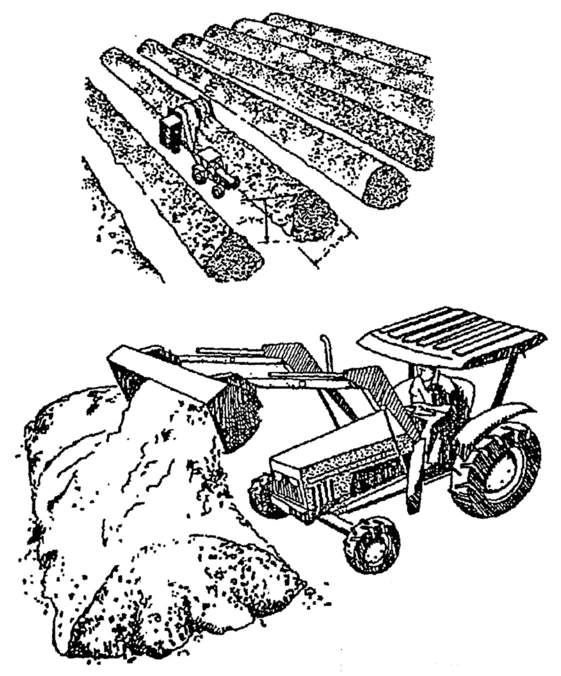
5 - إعادة الاستخدام أو التدوير Recycling ومع ذلك فلم تصل أكثر الدول تقدماً فى هذا المجال مثل اليابان إلا إلى إعادة تدوير 50 % فقط من قمامتها وفى ألمانيا 30% أما فى أمريكا فلم تزد النسبة عن 10%.

6 - خفض القمامة من المنبع وهى طريقة مثلى ولكنها تحتاج إلى تغيير السلوك الاجتماعى للأفراد كل فرد فى موقعه: المرأة فى المنزل والتلميذ فى مدرسته والفلاح فى قريته والعامل فى مصنعه بالإضافة إلى سن القوانين والتشريعات الرادعة.

7 - أخيراً إقامة مصانع لتدوير القمامة حيث يتم فصل وفرز المخلفات الصلبة كالورق والبلاستيك والزجاج والكاوتشوك وإعادة استخدامها مرة أخرى كمواد خام كل فى مجاله، ثم يتم كمر المخلفات العضوية بالقمامة، حيث يحدث لها تحلل هوائى أو أكسدة بيولوجية بواسطة الكائنات الدقيقة Biodegradation إلى مواد أبسط غنية بالعناصر الغذائية والتى تستخدم كسماد عضوى يزيد من خصوبة التربة. ويوجد أسلوبان لكمر القمامة.

الأول: الكمر فى مصفوفات (شكل 16):

- مرحلة الفرز لاستبعاد المواد النافعة كالورق والزجاج والبلاستيك والمعدن... وخلافه أو استبعاد الأحجار والمواد غير القابلة للتخمر.
- مرحلة الطحن إلى أحجام صغيرة (أقل من 50 مم) لزيادة المسطح النوعى لتحسين كفاءة عملية التحلل البيولوجى.
- التكويم فى مصفوفات بارتفاع أقل من مترين وعرض ثلاثة أمتار، وبأطوال مختلفة.
- مرحلة التخمير حيث تقوم الكائنات الدقيقة بعملها فى تحليل المخلفات.
- التقليب على فترات مناسبة للتهوية وإدخال الأكسجين اللازم للأكسدة والتحلل.
- الترطيب لتعويض نقص الرطوبة ولتقليل الحرارة المنبعثة عن التحلل منعاً للاشتعال الذاتى.
- تستمر عملية الكمر الهوائى لمدة 2-3 أسابيع ويخزن الناتج للإنضاج وهى طريقة بسيطة.. ولكن تحتاج مساحات كبيرة.. وأخيرا التعبئة والتوزيع.



شكل (16) عملية الكمر الطبيعي في مصفوفات

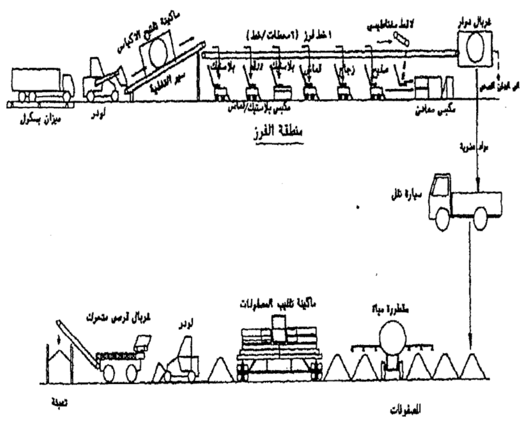
الثانى: الكمر فى هاضمات ميكانيكية (مصانع تدوير القمامة)

يختلف عن الأسلوب السابق فى مرحلة التخمر فقط والتى تتم فى غرف متحكم فيها من خلال دفع الهواء ونسبة الرطوبة ودرجة الحرارة وضبط pH، وتتميز بقصر الزمن اللازم للتخمر (3–6 أيام بدلاً من 2–3 أسابيع) ومساحة أقل بدلاً من المصفوفات ولكن تكلفته الإنشائية أكبر نسبياً (شكل رقم 17).

وقد تم إنشاء عدد من وحدات (مصانع) الكمر الهوائى فى مدن القاهرة والجيزة والإسكندرية مثل مصنع القطامية بالقاهرة والمنشأ على مساحة 18 ألف متر مربع بطاقة 600 طن يومياً سماد، ويقوم المصنع بتصدير إنتاجه إلى الدول العربية المجاورة ، وكذا مصنع العبور للاستفادة من مخلفات سوق الخضر والفاكهة والأسماك وتحويلها إلى سماد عضوى.

ويتوقف تزايد الطلب مستقبلاً على تكنولوجيا تدوير القمامة لأسباب عديدة:

- التخلص الآمن من القمامة الملوثة للبيئة والمسببة للأمراض.
- تزايد الحاجة إلى تعمير الصحراء، وبالتالى الطلب على الأسمدة العضوية.
- تنامى الصناعات القائمة على المسترجعات (نواتج الفرز) وتزايد عوائدها.
- إمكانية تصدير وحدات متكاملة إلى الدول الأفريقية والعربية للاستفادة من القمامة.



شكل (17): رسم تخطيطي للخطوات والعمليات المختلفة فى أحد مصانع تدوير القمامة

6-5- سماد حمأة المجارى: Sludge manure

تحتوى مياه الصرف الصحى على 10% تقريباً من الحمأة (الجزء الصلب) إما أولية Primary sludge الناتجة عن مرحلة المعالجة الميكانيكية وتشمل ترسبات الأتربة والرمال وقطع الأخشاب أو القماش أو الورق التى نفذت من شباك الترشيح وتوجد فى قاع أحواض الترسيب الأولية ، أو الحمأة المنشطة Activated sludge وتوجد فى قاع أحواض الأكسدة Aeration tanks بجانب الطبقة الهلامية فى أحواض التنقيط Trickling tanks وتحتوى غالباً على أجسام الكائنات الحية وبقايا المواد العضوية غير المتحللة، ويعاد استخدام جزء منها كبادىء Starter فى أحواض الأكسدة وجزء آخر يوجه إلى الهاضم Digester لإنتاج الغاز الحيوى (البيوجاز) أما الجزء الثالث فيجفف ويطحن ويستخدم كسماد الحمأة Sludge manure لما يحتويه من مواد عضوية وعناصر غذائية ضرورية للنبات ويعتبر بديلا رخيصاً وجيداً للأسمدة الكيماوية. ويتضح من الجدول (25) ارتفاع القيمة السمادية للحمأة مقارنة بالسباخ البلدى.

جدول (25) القيمة السمادية للحمأة مقارنة بالسماد البلدي

بيـــان	التركيز فى المادة الجافة	
	الحمأة	السماد البلدي
المادة العضوية	%45	%25
النتروجين	%1.6	%0.8
الفوسفور	%1.3	%0.9
البوتاسيوم	%0.3	%0.7

بعد التجفيف فى أحواض الرمال تُكوّم الحمأة بارتفاع حوالى متر وتغطى بطبقة من الرمل بسمك 10 سم لمنع احتمال توالد الذباب وتترك لمدة 20 - 40 يوما تتعرض أثناءها للتخمير الجزئى بفعل الميكروفلورا الموجودة بها وترتفع الحرارة

لحوالى 75°م وهذه الحرارة تساعد على قتل الذباب والطفيليات والميكروبات المرضية ثم تنقل الأكوام بسيارات النقل للمزارع حيث يباع للزراع كسماد يحتوى على:

مواد عضوية	%75-55
مواد غير عضوية	%40- 25
زيوت ودهـــون	%25-5
بروتيـــن	%20-5
أمونيـــا	% 3-1
فوسفـــور	% 1.5-0.5

كما تحتوى على العديد من العناصر الصغرى الضرورية للنبات.

أما الحمأة المجـففة بالطرق الميكانيكية سواء بالترشيح التـفريغى أو الترشيح بالضغط أو بالطرد المركزى فإنها لا تزال تحتوى حوالى 75% مياه من وزنها؛ ولذا يجب استكمال تجفـيفها وذلك بإدخالها فى أفـران الهواء الساخن (حوالى 1500-2000 °م) وهذا يكفى لخفض نسبة الماء إلى حوالى 20 % من الوزن الكلى وهو ما يعتبر رواسب جافة، ثم يتم طحنها وتعبـئتها فى أكياس وتباع ولكن هناك مخاوف من استخدامها نظراً لما تحويه من ملوثات.

سلبيات التسميد بالحمأة

العناصـر الثقـيلة: وأهم هذه العناصـر هى الكادمـيوم والرصـاص والزئبق والنيكل والخارصين والزرنيخ والنحاس والزنك وغيـرها، ويختلف تركيزها حسب المصادر المشاركـة فى تكوين مياه الصرف وخاصـة الصناعي منه (جدول 26) وقد لوحظت زيادة فى محتوى الكادميوم فى الحاصلات المسـمدة بالحمأة ومعروفاً تجمع الكادميوم فى الكليتين مما يسبب الفشل الكلوى.

جدول (26) نسبة المعادن الثقيلة بالحماة في مصر مقارنة بأمريكا واوروبا

المعادن الثقيلة	أمريكا		أوروبا		مصر	
	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى	المتوسط	المدى
كادميوم	32	4154-14	29	183-0.4	2.9	4.11-1.00
كروم	428	1460-94	744	10356-7	264	345-35
نحاس	562	353-15	613	2889-36	275	278-118
رصاص	378	674-4	55	3538-19	275	350-10
نيكل	134	31140-110	188	3036-5	240	135-44
زنك	1409		1820	19000-199	1550	4900-500
حديد					1905	13600-5650
منجنيز						204-96
كوبالت						6.00-3.00

ملحوظة: البيانات غير الموجودة بالجدول لا تعنى أنها صفر ولكنها غير متاحة (الحجار، 2003).

وللعناصر الثقيلة عامة خواص تراكمية خلال انتقالها عبر السلسلة الغذائية حيث تتراكم فى النباتات أو فى الأسماك ثم الحيوان الذى يتغذى عليها ووصولاً إلى الإنسان على قمة السلسلة، حيث يسبب الرصاص مثلا هشاشة العظام، بينما يسبب الزئبق خللاً فى النطق وأعراضُ شلل عضلات اليدين والرجلين (مرض ميناماتا).

أيضاً تحتوى العناصر الثقيلة على شحنات كهربية تتشابه مع العناصر الضرورية اللازمة للنمو مما يعيق ميكانيكية انتقال بعض العناصر الأساسية أو تتداخل مع المرافقات الإنزيمية مما يؤثر على عمل الإنزيمات المختلفة أو يحل محل بعض العناصر فى التحولات الأيضية المختلفة (Ochiai, 1987).

تلعب صفات التربة الزراعية -الفيزيقية والكيماوية- دورا هاما فى التربة فى تحديد مدى إدمصاص Adsorption العناصر الثقيلة على سطح معادن التربة مما يحد نوعاً ما من آثارها السيئة، فمثلا التربة الطينية تدمص كمية أكبر من العناصر

مقـارنة بالتربة الرملية والعناصـر الثقيلة تميل إلى الذوبان فـى التربة الحامضـية عن القاعدية وأيضاً تتـباين النباتات فى قدرتها على تخزين العناصر الثـقيلة، فالنباتات الورقيـة كالخس والسبانخ والملوخـية لها قدرة تخـزينية عاليـة فى أنسجتهـا، بينما البقوليات كالبسلة والفواكه كالبطيخ والشمام والفراولة قليلة القدرة التخزينية؛ ولذا يجب متابعة وتقييم آثار استخدام الحـمأة مع اختيار الزراعات المناسبة، ويفضل أن تنحصر فى تسميد أشجار الغابات الخـشبية ونباتات الزينة ونباتات الألياف كالقطن والتيل وفى تشجير الطرق أو تـسميد الفواكه التى ثمارها غير مـلاصقة للتربة مثل المانجو والموالح.

الأملاح والملوثات الكيماوية

حيث تحـتوى الحمـأة على تركيزات عـالية من النتـرات والكلور والصوديوم والماغنسيوم والفوسفات والتى تسـبب ملوحة التربة مما ينعكس على ارتفاع الضغط الأسـموزى لمحـلول التربـة، وبالتالى انـخفـاض قـدرة النبـات على امـتصـاص Absorption حاجته من الماء وبطء نموه وانخفاض الإنتاجية المحصولية.

كما أن زيادة تركيز العناصر عن نسب معينة تؤدى إلى تأثيرات ضارة للنبات مثل الكلور الذى يعتبر عنصرا ضروريا للـنبات ولكن التركيز العالى منه سام ويؤثر سلبا على النبات.

بالإضافة إلى تأثير زيادة امتصاص النتـرات وبالذات بالنسبة للنباتات الورقية كالسبانخ والملوخـية حيث تختزل فى المعدة والأمعاء إلى النيـتريت الذى يتحد مع هيموجلوبين الـدم مما يقلل قدرته على حمل الأكسـجين ويؤدى إلى زرقة الأطفال الرضع (الأقل من 16 شهراً) أو إلى نفوق الحيوانات الصغيرة، أو يتفاعل النيتريت مع بعض المركبات الأخـرى مكوناً مادة النيتروزامين المسبـبة للسرطان والتى تمتص من التربة بواسطة النباتات ثم تنتقل للإنسان أو الحـيوان من خلال السلسلة الغذائية مما يسبب خطراً داهماً على الصحة العامة.

المبيدات خاصة طويلة العمر Highly persistence

والتى يصعب تحللها تحللاً كـاملاً خلال فترة المعالجة وتنـتقل مع الحمأة إلى التربة الزراعية ومنها إلى النباتات ثم الحيوان ثم الإنسان فى النهاية مسبباً العديد من المشكلات، مثل أمراض الكبد والكلـى والسرطان والتأثيرات العصبية والتـسممات المختلفـة ، كما أن المبيـدات ليست ذات سميـة اختيارية أي أن تأثيـرها سام على جميع الكائنات الحية مما يسبب فى القضاء على الكثير من الكائنات المفيدة كالطيور وكائنات التربة والحشرات النافعة كالنحل وغيرها.

الكائنات الدقيقة المرضة Pathogenic Microorganisms

تحتوى الحـمأة - غير المعالجـة جيداً - على مجمـوعات عديدة من الكائنات الممـرضة وأهمـهـا بكتيـريا Coliform group التى تسـبب العديد من الأمـراض كالإسـهال والتـيفود والدوسنتـاريا والكوليرا والفـيروسـات التى تسبب الالتـهاب الكبدى الوبائى والطفيليات مثل البلهارسـيا والإسكارس والإنكلستوما التى تصيب العاملين فى مزارع مياه المجارى.

بعض المعاملات الإضافية للاستخدام الآمن لسماد الحمأة

1 - غسيل الحمـأة حيث يضاف ماء نظيف إلى الحمأة بما يعادل ضـعفها أو أكـثر ويتم مـزج الماء مع الحمـأة لمدة 10 دقائق فى الحـوض إما بطرق ميكانيكية أو بالهواء المضغوط ثم يترك الخليط لترسب المواد العالقة بينما يخرج الماء من أعلى. ومن فوائد عملية الغسيل عدم الاحتياج أو تقليل كميات الجيـر المستعمل بمقدار 60 - 70 % مع خفض نسبة الرماد فى الحمأة المجففة.

2 - الكلورة أو الأزونة أو المعاملة بالإشعـاع، وذلك لتعقيم الحمـأة لضمان خلوها التام من الممرضات الميكروبية والفيروسية.

3 - إضافـة الجيـر بنسـبة 10 - 30% من المادة الخـام إلى الحمـأة المجفـفة المحتوية على نسبة رطوبة حوالى 75% وتتم الإضافة بإحدى طريقتين:

- إضافة الجير المطفى لرفع درجة الحموضة (pH إلى 12) وذلك للحد من مشاكل الروائح الكريهة والمتبقى من الممرضات الميكروبية.
- إضافة الجير الحى حيث يتفاعل مع الرطوبة الموجودة وترتفع درجة الحرارة مما يؤدى إلى رفع الحرارة وقتل الكائنات الضارة.

ولكن يعاب على المعاملة بالجير ارتفاع نسبة الكالسيوم فى الحمأة لأن التربة المصرية تميل إلى القلوية وكذلك زيادة تكاليف الخلط والنقل.

4 - إضافة تراب الأسمنت Bypass لتثبيت الحمأة بدلاً من الجير ويتسم بثبات تركيبه الكيماوى وارتفاع مساحة مسطحة النوعى مما يزيد من خفض الروائح، وفى نفس الوقت تخلص مفيد من تراب الأسمنت.

5 - المعالجة ببعض المواد الكيماوية، مثل كلوريد الحديديك أو الشبه أو مسحوق العظام أو عجينة الورق أو الطين ويعاب عليها أن ثمن هذه المواد مكلف.

6 - الحرق والترميد، حيث يتم حرق الحمأة فى أفران متعددة من 1500°م إلى 2000°م وتتميز بالقضاء على الميكروبات الضارة وتقليل حجم الحمأة، ولكنها مرتفعة التكاليف وتحتاج طاقة إضافية.

الباب السادس

تدوير المخلفات الزراعية

تشمل المخلفات الزراعية قش الأرز - حطب القطن - حطب وقوالح الذرة - تبن القمح والفول والشعير - مصاصة القصب - عروش الخضروات وبنجر السكر - تقليم أشجار الفاكهة وسيقان الموز - ورد النيل والحشائش المختلفة - مخلفات مزارع الدواجن والماشية والخيول، ولا يستفاد إلا من حوالى ثلث هذه الكمية معظمها من الأتبان والعروش مما يمثل إهداراً لثروة كبيرة يمكن الاستفادة منها

ويعتبر تدوير المخلفات الزراعية أو التفاعل الواعى معها أحد الأهداف الرئيسة للزراعة المستدامة لما يمثله من عائد اقتصادى وحلا لمشكلة تلوث البيئة ورفعاً للمستوى الصحى والاجتماعى بالريف ويساهم فى تحقيق صيحة العصر (الزراعة النظيفة).

6-1- مميزات تدوير المخلفات الزراعية

أ - حماية البيئة من التلوث بالاستفادة من المخلفات بدلاً من حرقها.

ب - القيمة الاقتصادية المضافة كأسمدة عضوية وأعلاف غير تقليدية.

جـ - توفير تكاليف الأسمدة المعدنية وترشيد استخدامها.

د - زيادة خصوبة التربة الزراعية مما ينعكس على زيادة الإنتاج.

هـ - الاستفادة من المخلفات فى إنتاج غذاء للإنسان مثل تنمية عيش الغراب على قش الأرز أو إنتاج البروتين الحيوى باستخدام المخلفات كالمولاس أو الشرش.

و - إنتاج أعلاف غير تقليدية مثل إضافة اليوريا أو الحقن بالأمونيا إلى قش الأرز.

ز - إنتاج الغاز الحيوى (البيوجاز) من تخمير المخلفات الزراعية..

ح - صناعة الخشب الحبيبى المستخدم فى عمل الأثاث من حطب القطن ومصاصة القصب.

ط - إنتاج الأحماض العضوية والكحولات والإنزيمات والفيتامينات من التخمر الميكروبى للمخلفات.

ي - استخدام المخلفات الزراعية كمصدر للطاقة والكهرباء.

ك - صناعة الورق والكرتون باستخدام قش الأرز وورد النيل.

ل - إيجاد فرص عمل للشباب فى مشروعات تدوير المخلفات.

6-2- مساوئ عدم الاستفادة من المخلفات الزراعية

أ - فقد المكون العضوى والحيوى للتربة نتيجة حرق المخلفات مما يؤدى إلى الإضرار ببناء التربة الزراعية ويؤدى إلى تدهور خصوبتها وإنتاجيتها.

ب - خسارة اقتصادية نتيجة علاج الأمراض الصدرية الناشئة من عملية الحرق ونتيجة لتكاثر الحشرات والفئران وتكلفة مكافحتها.

جـ - ينتج عن حريق المخلفات الزراعية انطلاق غازات أول وثانى أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت والنتروجين وغيرها مما يلوث الهواء الجوى (غازات الاحتباس الحرارى).

هـ - القضاء على الكثير من الطيور الصديقة للفلاح وأيضاً البكتيريا المفيدة بالتربة مثل المثبتة للنتروجين والميسرة للفوسفات مما يؤدى لانخفاض خصوبة التربة.

و - زيادة حوادث تصادم السيارات على الطرق الزراعية بسبب انعدام الرؤية.

ز - حدوث حرائق خطيرة فى منازل القرى وخاصة فى الصيف.

ح - تدهور أشجار الفاكهة المستديمة بالحقول المجاورة.

ط - تحويل طين التربة الزراعية إلى مادة معدنية صماء (تشبه الطوب الأحمر).

ى - زيادة دخول غاز ك أ2 إلى التربة الزراعية على حساب الأكسجين اللازم لتنفس الجذور والكائنات الدقيقة بالتربة مما يعيق نموها وتكاثرها.

ك - الفقد الحادث فى ماء التربة نتيجة البخر بسبب الحرق ويقدر بحوالي مليار متر م3 ماء.

ل - التلوث البصرى نتيجة مخلفات الحرق على حواف الترع أو طرقات القرى.

6-3- مجالات تدوير المخلفات الزراعية

6-3-1 تدوير قش الأرز

ويمكن إجمالي الاستفادة من قش الأرز فى المجالات التالية:

1 - عمل مكمورات سمادية وتحويله إلى سماد عضوى.

2 - حقنه بالأمونيا أو إضافة اليوريا وتحويله إلى أعلاف غير تقليدية.

3 - يستخدم كفرشة فى مزارع الإنتاج الحيوانى (دواجن - ماشية - أغنام) ويعتبر مكوناً رئيسا للسباخ البلدى.

4 - تنمية حبوب الشعير عليه (زراعة بدون تربة) واستخدامه كعلف أخضر.

5 - تنمية عيش الغراب عليه كغذاء للإنسان والحيوان.

6 - إنتاج الغاز الحيوى (البيوجاز).

7 - كبسه وتحويله إلى أخشاب أو قوالب طوب مضغوط.

8 - استخدامه فى إنتاج الطاقة الكهربية (كمصدر للوقود فى المحطات البخارية).

9 - تصنيع لب الورق الخام Pulping فى مصانع الورق.

10 - استخدامه كفرشة أو غطاء فى تدفئة زراعات البصل والبطاطس.

11 - تصنيع مخلفات مضارب الأرز.

6-3-1-1- كمر القش وتحويله إلى سماد عضوى

وهى عملية اقتصادية مريحة جداً حيث يتم تحويل مخلف يُحرق ويلوث بيئة إلى منتج هام جدا لخصوبة التربة، وخاصة فى الأراضى المستصلحة حديثا. وهذه العملية لا تحتاج إلى أى تكنولوجيات معقدة حيث إن كمر المخلفات سواء هوائيا أو لا هوائيا يعطى الفرصة للكائنات الدقيقة العالقة بها للنمو والتكاثر وتحليل هذه المخلفات إلى مواد أبسط (الدبال) أكثر قابلية للاستفادة بواسطة النبات بالإضافة إلى تحسين خواص التربة من تحبب وقوة مسك الماء وتدفئة الجذور وزيادة السعة التبادلية، بالإضافة إلى توفير قيمة الأسمدة الكيماوية المرتفعة الأسعار وتجنب الآثار السلبية لها على البيئة وإعلاء شأن الزراعة العضوية النظيفة.

كيفية عمل المكمورات السمادية

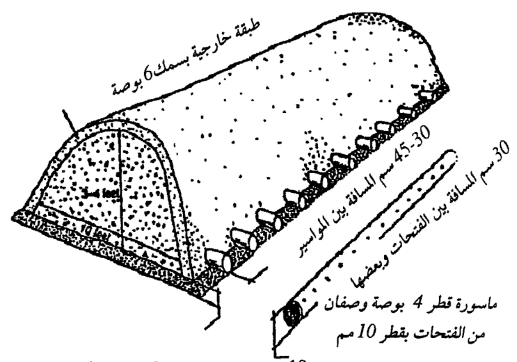
هناك ثلاث طرق رئيسة:

1 - عملية الكمر الطبيعى Natural composting

وفيه يتم عمل كومة من المخلفات العضوية ويفضل خلطها مع سباخ بلدى أو تربة كمصدر خصب للميكرويات وتركها مع مداومة ترطيبها وتقليبها بصفة مستمرة، وتزداد فترات التقليب والترطيب فى الصيف (2-3 مرة أسبوعياً) وفي الشتاء (مرة أسبوعيا) حتى يتم نضج المكمورة، حيث تشجع حرارة الصيف على سرعة النشاط الأيضى للميكروبات، ومن ثم سرعة تحلل المواد العضوية (كما يتضح من شكل 16 السابق).

2 - عملية الكمر بتيارات هواء طبيعى Passive composting

وهى تشبه الكمر الطبيعى فى عملية التكويم (خلطاً أو فى طبقات متعاقبة من المخلف العضوى سواء قش أرز أو خلافه مع السباخ أو التربة أو الحمأة المنشطة) وتختلف فى زيادة ارتفاع المكمورة ومساحة قاعدتها وأيضاً فى وضع مواسير بلاستيك بقطر 4 بوصة على مسافات 30 - 45 سم بين المواسير وذلك بطول المكمورة (كما هو واضح فى شكل 18) وتساعد هذه المواسير على إدخال الهواء إلى قلب الكومة بدلاً من عملية التقليب المستمر وبالتالى يزداد نشاط الميكروفلورا الرمية فى تحليل المخلفات وترتفع درجة حرارة المكمورة مما يساعد فى القضاء على الممرضات الميكروبية والطفيليات وبذور الحشائش وتتميز هذه الطريقة بعدم الحاجة إلى عمالة لتقليب الكومة بانتظام كما فى الطريقة السابقة كما تساعد فى انتظام دخول الهواء داخل المكمورة.

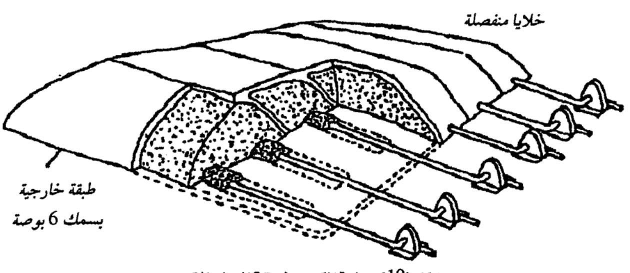


شكل (18) عملية الكمر بطريقة الهواء الطبيعى

3 - عملية الكمر بطريقة الهواء القصرى Forced aeration

تشبه طريقة تيارات الهواء الطبيعي ولكن يتم توصيل المواسير البلاستيك بمراوح أو شفاطات هوائية تساعد على زيادة دخول الهواء إلى قلب الكومة،

ويجب ألا تزيد سرعة دخول الهواء عن حد معين وإلا تسبب في نقص درجة الحرارة وإطالة نضج المكمورة بالإضافة إلى تكلفة تشغيل المراوح أو الشفاطات، ويتضح ذلك من شكل رقم (19).



شكل (19) عملية الكمر بطريقة الهواء القصرى

6-3-1-2- مكون رئيس فى السباخ البلدى Farm yard manure

يعتبر السباخ البلدى من أهم الأسمده العضوية المستخدمة على الرغم من فقره فى تركيبه النرعى، حيث يحتوى النوع الجيد منه على نحو 10% مادة عضوية، 0.35 % آزوت كلى، ويرجع هذا الفقر أساساً إلى العديد من الأخطاء الشائعة أثناء تحضيره وخزنه واستعماله، ويتركب السباخ البلدى من ثلاثة أجزاء رئيسة هى: الروث والبول والفرشة كما سبق شرحها (ص 124).

ويستخدم قش الأرز كفرشة تحت الماشية لإراحتها وامتصاص بولها وروثها بدلاً من حرقه وللاستفادة مما فيه من عناصر غذائية، وأيضاً لتثبيت الأمونيا بدلاً من تطايرها، ويمكن استهلاك كميات كبيرة من القش فى هذا المجال تصل لحوالى مليون طن قش سنويا.

وعموماً تحدث فى مكونات السماد العديد من التفاعلات البيوكيميائية بمعاونة الكائنات الحية الدقيقة لتحليل اليوريا إلى أمونيا (ميكروب *Sporosarcina urea*) ولتحليل المواد السليلوزية والبكتينية بواسطة بكتيريا (*Ruminococcus*,

وفطريات *Streptomyces sp, Clostridium thermocellum, Cytophage* sp, *Fusarium* sp, *Alternaria* sp *Aspergillus* sp, ولتحليل المواد البروتينية بواسطة بكتيريا *Pseudomonas, Proteus* sp.، ولقد وجد أن المحتوى الميكروبى يصل إلى خمس وزن المواد الصلبة تقريباً (200.000 إلى 40 مليون خلية/ جرام).

ولقد قام الباحثون بمحاولات فى الماضى لتثبيت الأمونيا بإضافة بعض المواد الكيماوية سواء فى الزرائب أو أكوام التخزين فاستعمل الجبس والسوبر فوسفات وحمض الفوسفوريك وشرش اللبن ولكنها كانت جميعها محاولات غير اقتصادية وضارة بأقدام المواشى؛ ولذا فإن الأنسب والأفضل هو استخدام قش الأرز وعروش الموز وغيرها مع خلطها بالتراب.

6-3-1-3- استخدامه كعلف غير تقليدى للحيوان وفى الزراعة بدون تربة

يتميز قش الأرز بارتفاع محتواه من المواد السليلوزية وانخفاض شديد فى محتواه من النتروجين (نسبة C/N واسعة جداً) تصل إلى 1/ 400 مما يقلل قيمته الغذائية، ولذا تحقن بالأمونيا أو تضاف إليه اليوريا لزيادة محتواه البروتينى مما يزيد قيمته كعلف حيث يذاب 4 كجم سماد يوريا فى 100 لتر ماء ويتم رشها على 100 كجم قش أو تحقن بالأمونيا بمعدل 3-4 كجم أمونيا لكل 100 جم قش ثم تغطى بالبلاستيك (كما يظهر بالصورة) وتترك 3-4 أسابيع ثم تغذى منه الحيوانات. وقد أدى ذلك إلى زيادة معدل الهضم بنسبة تتراوح من 35-55% وإلى زيادة كمية اللبن من الأبقار المغذاة، وفى أحيان أخرى يتم نثر بذور الشعير المبللة بالماء على قش الأرز لكى تنبت وتنمو (زراعة بدون تربة) معطياً نموات خضرية (علفاً أخضر) والذى يحتوى على نسبة عالية من البروتين تصل لحوالى 12% ويساهم اقتصاديا فى توفير مساحة الأرز واستهلاك المياه (فقط 2% من الزراعة العادية).

6-3-1-4- إنتاج البيوجاز (الغاز الحيوى)

يمكن استخدام جميع المخلفات العضوية سواء النباتية أو الحيوانية أو مخلفات المنازل فى إنتاج البيوجاز، إلا أن عملية التخمر تزداد صعوبة وتستغرق وقتاً أطول كلما زادت نسبة المواد اللجنينية كما فى حطب القطن، أو السليلوزية كما فى قش

الأرز، أو الكيتينية كما فى القمامة. وفكرة إنتاج البيوجاز هو تخمير المواد العضوية وتحليلها بواسطة الكائنات الدقيقة تحت ظروف لاهوائية حيث ينتج خليط من غازات الميثان القابل للاشتعال (50 - 60%) وثانى أكسيد الكربون (30-35%) وغازات أخرى مثل الإيدروجين وكبريتور الإيدروجين وأول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت (لا تزيد نسبتها عن 5 - 10%).

وغاز الميثان - كما ذكر - غاز قابل للاشتعال والحرارة الناتجة من لتر واحد منه تساوى 8.5 كيلو كالورى مقارنة بغاز الإيدروجين الذى يعطى 1.6 كيلو كالورى تحت ظروف الضغط الجوى ودرجة حرارة صفر مئوى، وهذا يوضح أهميته الاقتصادية كمصدر للطاقة يستخدم فى الإنارة والتدفئة وتشغيل الغلايات وماكينات توليد الكهرباء.

وتنقسم عملية إنتاج البيوجاز إلى مرحلتين رئيستين:

أولاً: تقوم الميكروبات الهوائية بتحليل المخلف العضوى حيث تستنفذ الأكسجين تدريجيا حتى تسود الظروف اللاهوائية المثلى لإنتاج الميثان وتقوم البكتيريا الرمية العضوية والكروية مثل أجناس *Pseudomonas, Bacillus, Streptomyces, Ruminococci Micrococcus,* وأيضاً الفطريات مثل *Aspergillus, Rhizopus, Mucour* بدور رئيس فى هذه المرحلة الهوائية حيث تتحلل المواد العضوية إلى خليط من الأحماض مثل الخليك والفورميك والبيوتريك والكحولات مثل الميثانول والإيثانول والبروبانول وغازات مثل ك أ$_2$، الايدروجين.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow CH_3.COOH + CH_3 - CH_2 - OH$$

$$CH_3.COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

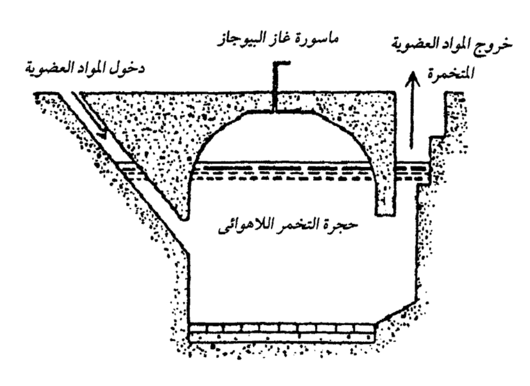
$$CH_3.CH_2OH \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

$$CO_2 + H_2 \longrightarrow CH_4 + H_2O$$

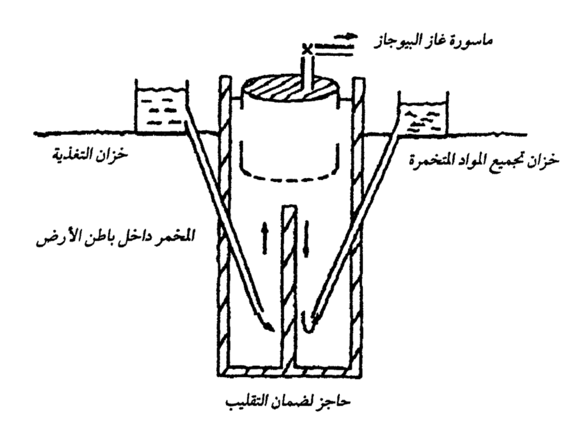
ثانياً: المرحلة اللاهوائية (الأساسية) فإن بكتيريا الميثان Methanogenses تنشط فى تحليل النواتج السابقة وتكون الميثان كما يتضح من المعادلات السابقة

وبكتيريا الميثان ذات أشكال مورفولوجية (ظاهرية) مختلفة ولكن صفاتها المزرعية والفسيولوجية متشابهة؛ ولذا وضعت فى قسم خاص Archaerobacteria، ويتميز الغاز الحيوى بأنه غير سام ونظيف أى ليس له عادم احتراق ويحتوى المتر المكعب من البيوجاز على طاقة تعادل المنتجة من...؟ كجم بوتاجاز، 0.6 لتر كيروسين، 1.7 كجم فحم، 4.5 كجم خشب، ...؟ كجم مخلفات نباتية وحيوانية.

وتضم وحدة إنتاج البيوجاز سواء النظام الصينى أو الهندى ثلاثة أجزاء هى: الهاضم (الجزء الرئيس) - مخزن تجميع الغازات - أحواض تجميع وتجهيز المخلفات، كما يتضح من الشكلين (رقمى 20، 21) وتستخدم عادة فى القرى لخدمة عدة منازل، بينما أبراج البيوجاز الملحقة بمحطات معالجة المجارى فقد تخدم حيًا بأكمله، ومعلوم نظافة ورخص تكلفة الغاز الحيوى بالإضافة إلى الاستفادة من المخلفات اقتصاديا وبيئيا.



شكل (20): وحدة البيوجاز بالنظام الصينى



شكل (21): وحدة بيوجاز بالنظام الهندى

6-3-1-5- تنمية عيش الغراب (المشروم)

وهى مجموعة من الفطريات التابعة للعائلة البازيدية : Family Basidomycetes التى تكون أجساماً ثمرية وزاد الاهتمام بزراعته نظراً لأهميته الغذائية وفوائده الصحية وسهولة الهضم وأيضاً قيمته الاقتصادية.

ويتميز عيش الغراب بالمميزات التالية

- إمكان زراعته فى أى مكان فى المنزل (على السطح أو المطبخ أو الحديقة).
- إمكان زراعته فى أى وقت من العام.
- قدرته على النمو فى مجال متسع من درجات الحرارة يتراوح بين 15 – 31°م.
- قدرته على النمو باستخدام أنواع عديدة من المخلفات الزراعية.



فوائد زراعة عيش الغراب

1 - حماية البيئة من التلوث بالاستـفادة من المخلفات الزراعية وخاصة قش الأرز فى زراعة الفطر عليها.

2 - إنتاج علف المواشى من متبقيات إنتاج عيش الغراب، حيث تحتوى على نسبة عالية من البروتين.

3 - توفير غذاء جيد للإنسان عالى القيمة الغذائية مما يساعد فى سد الفجوة الغذائية فى البروتين الحيوانى.

4 - يستخدم عيش الغراب فى علاج بعـض الأمراض مثل الأنيميا والسمنة والسكر وتصلب الشرايين والأورام حيث يحتوى على حمض الفولفيك والفيتامينات (B,C,D) والأملاح المعدنية (I, Fe, Mg, K).

5 - إيجاد فـرص عمل للشبـاب بتوفيـر بعض الإمكانيات البـسيطة وبعض المعلومات اللازمـة للقيام بمشـاريع صغيـرة لإنتاج الفطر وتوفيـر منافذ لتسويقه.

6 -المساهمة فى زيادة الدخل القومى الزراعى بتوفير العملة الصعبة التى يتم استيراد الفطر بها بل يدر دخلاً عند تصديره للدول المحيطة حيث يبلغ إنتاج المتر المربع 20-25 كجم فى الدورة الواحدة التى تستمر ثلاثة أشهر أى يصل إلى 100 كجم/ م2/ سنة.

7 - يحتوى على مواد فعالة توقف نمو الأورام السرطانية مثل المضاد الحيوى نبيولارين Nebularine المستخرج من فطر *Agaricus mebulais*.

8 - يحتوى الفطر على مجموعة من الإنزيمات الهاضمة مثل الببسين والترباسين والتى تساعد فى الهضم وعلاج مرض التهاب القولون أو المعدة.

كيفية إنتاج عيش الغراب

1 - تقطيع المخلفات النباتية (3-5 سم) وإضافة الماء الى نسبة رطوبة 70%من الوزن الكلى.

2 - المعاملة الحرارية للمخلفات للتخلص من الميكروبات الملوثة العالقة بها إما باستخدام البسترة (80°م/ 6-8 ساعات) أو النقع بالماء الساخن (90°/ ساعة).

3 - الحصول على البادئ الفطرى (الجراثيم) من معاهد البحوث أو كليات الزراعة.

4 - تنمية الفطر إما بالنظام الرأسى حيث تضاف الجراثيم على هيئة طبقات متبادلة مع المخلفات الزراعية أو بالنظام الأفقى وذلك بتنمية الجراثيم على أرفف أو صوانى فى طبقة واحدة على المخلفات الزراعية.

5 - يراعى توفير الظروف المناسبة لإنبات ونمو الجراثيم مثل درجة الحرارة المناسبة 20-30°م، بينما الحرارة المناسبة لتكوين الأجسام الثمرية بين 22-25°م كما يجب ألا تقل الرطوبة الجوية عن 65% أثناء النمو الخضرى بينما خلال فترة الإثمار لا تقل عن 85-90% وأيضاً يراعى

توافر جـو مظلم أثناء النمو الخضـرى ثم ضوء غيـر مباشـر أثناء النمو الثمرى.

6 - يتم حصد الأجسـام الثمرية بعد تمام النضج (35-45 يوماً من الزراعة) وعـادة يتم الحصـول على 4-8 حـصدات بين كـل واحدة والأخـرى أسبوع.

7 - تعبئة الثمار فى عبوات تمهيـداً لتسويقها إلى محلات السوبر ماركت أو المطاعم السياحية.

8 - تحفظ فى درجة حرارة الثلاجة (4°م) لمدة لا تزيد عن عشرة أيام.

6-1-3-6- صناعة طوب البناء والأخشاب المضغوطة

يمكن إنتـاج طوب بناء Briquettes قـوى جـداً بكبس القـش فى مكابس هيدروليكية وأيضـاً كبس القش وتحويله إلى ألواح خشـبية Straw board كما فى مصنع فارسكور بدمياط.

ولقد قامت وزارة البيئة عام 2002 بالاشتراك مع وزارة التنمية المحلية بتوفير 450 مكبساً نصف آلى فى محافظات زراعة الأرز القريبة من القاهرة وهى الدقهلية (450 ألف فدان أرز)، والشرقية (280 ألف فدان أرز)، والغربية (100 ألف فدان أرز)، والقليوبية (20 ألف فدان أرز) وذلك بهدف كبس القش الفائض - أى الذى لم يحول إلى سماد أو علف أو فرشـة فى الزرائب - بدلاً من حرقه وأيضاً لتقليل حجـمه وسهـولة نقله إلى أماكن أخـرى، وقد أدى ذلك إلى إيجاد سـوق لبالات القش وأصبح له سعر ومردود اقتصـادى، ويتركز حرق القش حول كردونات المدن فقط حيث تزرع هذه الأراضى بالإيجـار، ومعروف أن المستأجـر لزراعة واحدة لا يعنيه تدوير القش أو الاستفادة منه وأن ما يريده هو المحصول وإعادة الأرض خالية لمالكها فـيقوم بحرقـه؛ ولذا فإن كبس القش ونقله بعيـداً هو الحل الأمثل فى هذه الحالة.

6-3-1-7- صناعة لب الورق

يتميز قش الأرز بارتفاع نسبة السليكا فيه حيث يحتوى على 40-50% سليلوز، 11-15% لجنين، 21-25% بنتوزات، 2% بروتين، 3-7% رماد، 14% ماء.

وتقوم شركة راكتا - خط رشيد باستهلاك حوالى 150 ألف طن قش أرز سنوياً حيث تبدأ الصناعة بعملية طبخ للقش فى غلايات ضخمة فى وجود الصودا الكاوية وذلك لتكسير اللجنين وهدم الهيميسليلوز ورفع نسبة السليلوز فى عجينة الورق، وينتج عن هذه العملية سائل أسود Black liquor غنى بالسليكا والصودا الكاوية ويمثل مشكلة بيئية خطيرة للتخلص منه لارتفاع BOD به.

والخطوة الثانية هى التبييض وتتضمن المعالجة بغاز الكلور ثم بالصودا الكاوية ثم الأكسدة بهيبوكلوريد الصوديوم.

والخطوة الثالثة التجفيف حيث يتم النزول بنسبة الرطوبة النهائية بالورق حتى 6% وذلك بتمرير اللب على ألواح ساخنة.

والخطوة الأخيرة هى الصقل حيث يمر شريط الورق بين أسطوانات معدنية لصقله ثم يكور فى بكرات ضخمة.

أنواع الورق الناتج

تتوقف على ظروف عمليتى الطبخ والتبييض والناتج هو:

- ورق كتابة بدرجة بياض عالية؛ ولذا تكثف عملية التبييض وتضاف مواد تكسبه النعومة واللمعان مثل بودرة التلك.
- ورق طباعة ويتميز بالقدرة على تشرب الأحبار المختلفة.
- ورق اللف والتعبئة ويهتم فيه بإضافة بعض الكيماويات مثل النشويات التى تساعد فى زيادة مقاومة الشد والطى.
- ورق العملة ودفاتر الشيكات ويعالج لمساعدته فى مقاومة التمزق والشد لكثرة تداوله، وهذا النوع لايستخدم فيه لب الورق الناتج عن القش.

وقد أمكن حديثاً إنتاج لب ورق حيوى Biopulping باستخدام فطريات العفن الأبيض *Phanerochate chrysosperium* أو بعض الأكتينوميسيتات مثل *Streptomyces* لتكسير اللجنين وتحليل الهيميسليلوزات بدلاً من استخدام القلويات مما يقلل من مشاكل الصودا الكاوية والسائل الأسود.

6-3-1-8- تصنيع مخلفات مضارب الأرز

وتشمل سرسة الأرز ورجيع الكون وجرمة الأرز وكسر الأرز.

- **السرسة:** هى الغلاف الخارجى الناتج من تقشير الأرز الشعير بالمضارب الحديثة وتشكل حوالى 15-18% من الأرز الشعير ومحتواها من الألياف الخام والرماد الخام مرتفع وأيضاً بها نسبة سليكا مرتفعة مما يحد من استخدامها فى تغذية الحيوانات.

- **رجيع الكون:** وهى الغلاف الداخلى لحبوب الأرز والشعير بعد نزع السرسة وينتج أثناء عملية التبييض بالمضارب، ويمثل الرجيع حوالى 5,5% من الأرز الشعير ويحتوى على 13% بروتين و 14% دهن خام وتستخلص الزيوت منه بالمذيبات العضوية ويطلق عليه عندئذ رجيع الأرز المستخلص (3% فقط دهن) ويستخدم فعلاً فى صناعة الأعلاف.

- **جرمة الأرز:** عبارة عن جنين حبة الأرز وتنتج عن عمليات ضرب الأرز للحصول على الأرز الأبيض وتحتوى على 18% بروتين خام و 14% دهن خام وبعد استخلاص الزيوت يسمى المتخلف كسب جنين الأرز ويحتوى 20% بروتين خام ويستخدم كعلف حيوانى.

- **كسر الأرز:** وهو الأجزاء المتخلفة من غربلة الأرز الأبيض ويمثل 7% من الأرز الشعير ويدخل فى صناعة الأعلاف.

- **الرجيع أو السرسة البلدى:** ويتخلف عن ضرب الأرز الشعير فى الفراكات أو المضارب البلدية وهو خليط من الأغلفة الخارجية (السرسة) والأغلفة الداخلية (الرجيع) وجزء من كسر الحبوب وقيمته الغذائية أعلى من السرسة (يحتوى حوالى 7% بروتين خام).

6-3-1-9- قش الأرز كمصدر للطاقة

أ - الحرق المباشر

وذلك بالحرق الكامل فى وجود الهواء (أكسدة كاملة) حتى تتحول المادة العضوية إلى ك أ$_2$ وبخار ماء، ويتم الحرق بطرق مختلفة منها المواقد الريفية وهى أقلها كفاءة وأكثرها تلوثاً للبيئة، وإن كان دخول البوتاجاز للقرى قد قلل كثيراً من مخاطرها، وتبدأ عملية الحرق بعد إزالة الرطوبة (التى تتراوح من 10-22%) ووصول درجة الحرارة إلى نقطة الاشتعال (حوالى 590°م) حيث تتصاعد المواد المتزايدة التى قد يخرج جزء كبير منها بسرعة حاملاً معه حبيبات صغيرة من المادة الصلبة التى لم تحترق أو التى احترقت جزئياً على شكل دخان، ويؤدى ذلك إلى فقد كبير فى كفاءة التحويل إلى طاقة فى وسائل الحرق المكشوف حيث لا يتم التحكم فى كمية الهواء الداخل إلى منطقة الحرق. وبعد تطاير الغازات يتبقى كربون متخلف يحترق ببطء وبكفاءة أعلى. وحديثاً بدأ التفكير فى ضغط القش ميكانيكيا إلى مكعبات بأحجام مختلفة، حيث يمكن تخزينها وإشعالها عند الحاجة، كما يستخدم فى جنوب شرق آسيا الحرق المباشر لقش الأرز (المحصول الرئيس هناك) لإنتاج طاقة كهربية كافية لإنارة أحياء كاملة.

ب - التكسير الحرارى أو التقطير الإتلافى

وتجرى عادة للأخشاب ومخلفات تقليم الأشجار وذلك بالتسخين بمعزل من الهواء وينتج عنها خليط من الغازات ويتخلف الفحم النباتى الصلب، ويتم ذلك فى حفر أرضية أو كومات أو كمائن وتتجه النية أحياناً إلى كبس قش الأرز بعد تجفيفه فى مكابس خاصة للوصول إلى درجة صلابة عالية ثم يحول إلى فحم نباتى لا تقل جودته عن مخلفات الأشجار.

جـ - التحويل إلى وقود غازى

وذلك بحرق القش فى جو محدود من الهواء (أكسدة جزئية) ويستخدم الغاز الناتج فى تدفئة الدواجن أو بدء تشغيل مولدات الكهرباء وتستغل هذه الطريقة فى الدول المتقدمة صناعيا فى المواقع التى يكون المخلف المنتج يسبب مشكلة كبيرة مثل

سرسة الأرز فى مضارب الأرز أو قوالح الذرة فى أماكن تقشير الذرة أو مصاصة القصب (الباجاس) فى مصانع السكر. وعموماً فإن هذه الطريقة تستخرج 85% من الطاقة الكامنة فى المخلف المستعمل.

د - إنتاج الطاقة الحيوية

مثل إنتاج الكحول الإيثيلى وغاز الميثان بتخمير القش.

2-3-6- تدوير حطب القطن

تبلغ المساحة المنزرعة من القطن فى مصر حوالى 1.2 مليون طن ومتوسط إنتاج الفدان حوالى 1.5 طن حطب جاف وبالتالى فإن إجمالى حطب القطن 1.8 مليون طن من إجمالى المساحة المنزرعة.

وقديماً كان الحطب يستخدم فى الريف كوقود فى أفران المنازل أو يشوّن على أسطح المازل كعازل لها من الحر والمطر أو يحرق فى الحقول للتخلص من ديدان اللوز مما يسبب أحياناً حرائق مدمرة وتلوثا للبيئة وفقد ثروة يمكن الاستفادة منها.

ويمكن إجمال مجالات الاستفادة من الحطب فيما يلى:

1 - قولبة الحطب لاستخدامه كوقود.

2 - صناعة الخشب الحبيبى.

3 - إنتاج السماد العضوى الصناعى (الكمبوست).

4 - تعطين سيقان القطن للحصول على ألياف.

5 - إنتاج الكسب من بقايا بذرة القطن.

6 - إنتاج البيوجاز.

7 - إنتاج لب الورق.

ونتكلم بالتفصيل عن بعض منها فيما يلى:

6-3-2-1- قولبة حطب القطن

يتم فرم المخلفات إلى أحجام صغيرة ثم تكبس بواسطة مكابس خاصة تحت ضغط وحرارة عالية (200°م) وتحويلها إلى قوالب منتظمة الشكل وتبلغ التكلفة التقديرية لتحويل الحطب إلى قوالب بنحو 75 - 100 جنيه للطن قوالب، ويبلغ ثمن الطن القوالب 300 - 500 جنيه. والإمكانيات المطلوبة لإقامة مشروعات القولبة متوافرة من مادة خام وعمالة فنية ومعدات بسيطة محلية. وقد قامت كلية هندسة عين شمس بتصميم وتصنيع مكابس لهذا الغرض وبأسعار زهيدة جداً. والمطلوب تشجيع القطاع الخاص للاستثمار فى هذا المجال مع قيام الإرشاد الزراعى بدور إيجابى.

وتتميز قوالب القطن بكثافة ظاهرية (وزن الوقود الصلب الذى يمكن تخزينه فى وحدة الحجم) عالية حيث تبلغ 830 كجم/ م3 بينما فى فحم الخشب مثلا 190 كجم/ م^3 فقط كما يتضح من جدول (27).

جدول (27) مقارنة خواص قوالب حطب القطن ببعض أنواع الوقود الصلب

نوع الوقود	الكثافة كجم/ متر3	المحتوى الحرارة كسعر/ كجم	نسبة الرطوبة ٪
قوالب القطن	83	3861	12.6
حطب القطن	63	3938	12.6
فحم الخشب	190	7757	5,36
خشب أبيض	260	4310	10.6
قوالح الذرة	185	3928	10.2
أقراص الجلة	100	3055	11.5

وتحقق القولبة العديد من الأهداف منها:

- القضاء على الآفات والحشرات الزراعية الكامنة بالمخلفات.
- سهولة التداول والتخزين والنقل.
- الحد من الآثار البيئية الضارة الناجمة عن الحرق.
- إيجاد فرص عمل لشباب القرية.
- تحسين كفاءة استخلاص الطاقة عند استخدام القولبة كمصدر للطاقة.

وتعتمد جودة القولبة على العوامل التالية:

- نسبة الرطوبة ويجب ألا تزيد عن 10% وتقل قوة التماسك بزيادة الرطوبة.
- حجم الحبيبات فكلما قل حجم الحبيبات؛ قلت الفراغات وزادت قوة التماسك.
- نسبة الألياف السليلوزية واللجنينية فكلما زادت زاد تماسك القوالب وثباتها وخاصة أثناء التخزين.

6-3-2-2- إنتاج السماد العضوى الصناعى (الكمبوست) من حطب القطن

معروف أن التربة الزراعية فى المناطق الجافة وشبه الجافة فقيرة فى المادة العضوية، وتتراوح نسبتها بين 0.2 - 2% فقط، وذلك لارتفاع درجة الحرارة وانخفاض نسبة الرطوبة وميل pH التربة إلى الناحية القلوية، أى أن جميع الظروف البيئية المحيطة مثلى لتحليل المادة العضوية الهامة فى تحسين صفات التربة الطبيعية (السعة التشبعية - البناء الأرضى - التحبب - النفاذية) والكيماوية (العناصر الميسرة - السعة التبادلية للقواعد - القدرة التنظيمية) والبيولوجية (الكائنات الدقيقة النافعة)؛ ولذا يعتبر سماد الكمبوست للمخلفات الزراعية أحد المصادر الهامة لسد النقص فى المادة العضوية بجانب السباخ البلدى، ولكن المخلفات الزراعية تتميز باتساع نسبة C/N بها وتصل إلى 1:90 أو أكثر أى فقيرة فى النتروجين، وذلك يؤدى إلى اتجاه الكائنات الدقيقة فى التربة إلى تثبيت النتروجين فى أجسامها على

حساب تيسيرها للنبات فيما يعرف بعملية Immobilization؛ ولذا يفضل تعديل نسبة النتروجين بهذه المخلفات أثناء عملية الكمر أو إضافة سماد المكمورة قبل الزراعة بفترة كافية حتى تموت الكائنات وتتحلل ويعود النتروجين مرة أخرى للتربة أى تجنب فترة الفقد المؤقت للعناصر.

خطوات التصنيع

1 - يتم تكسير وتقطيع الأحطاب إلى أطوال 6-7 سم لزيادة السطح المعرض للتحلل وسهولة التهوية والتقليب والترطيب.

2 - تقوم الكائنات الدقيقة العالقة بهذه المخلفات أو المضافة فى صورة طبقات تربة أو حمأة أو سباخ متبادلة مع المخلفات بتحليلها هوائيا إلى مواد أكثر تحللاً.

3 - يجب إضافة عنصرى النتروجين والفوسفور لضبط نسبة C/N/P بالسماد الناتج، ويمكن استخدام مخلفات مزارع الدواجن وزرق الطيور أو حمأة المجارى الغنية بهذه العناصر وأيضاً كبادئ ميكروبى.

4 - المحافظة على رطوبة الكومة ما بين 50 - 60% طول فترة التحلل مع التقليب المستمر (الدورى) حتى لا ترتفع درجة الحرارة داخل الكومة إلى مرحلة الاشتعال الذاتى وتفقد الكثير من العناصر الغذائية وأيضاً لتلافى ظهور الروائح الكريهة الناتجة من التحلل اللاهوائى للمخلف، علماً بأن الحرارة المثلى 55 - 75°م تساعد فى القضاء على الميكروبات الممرضة والطفيليات.

5 - يحتاج الطن من السماد الى 2 × 3 = 6 م^2 وبارتفاع 2 م ويحفر لها قناة لتجميع الراشح من الكومة بعمق 10 سم.

6 - يفضل أن تكون الكومة قريبة من مصادر المياه وألا تكون أرضيتها منفذة للماء، وفى حالة استخدام الحمأة أو مخلفات مزارع الدواجن يعرف بطريقة الكمر المزدوج.

7 - يحتاج نضج المكمورة لحوالى 1.5 - 5,5 شهر طبقاً لنوع المخلف وعادة يعطى أو يعادل الطن الواحد من المخلفات حوالى 2.5 م^3 سماد مكمورة، ويستدل على نضج المكمورة بانخفاض درجة الحرارة مع اختفاء رائحة الأمونيا وظهور اللون البنى الداكن (أما اللون الأزرق أو الأخضر المزرق فغير مرغوب فيه) وتصل نسبة المادة العضوية فى السماد الناتج إلى 30-55%، النتروجين 1.6 - 1.8%، عناصر الفوسفور والبوتاسيوم ما بين 0.4 - 1%، 0.5 - 1.2% على الترتيب ونسبة الرطوبة إلى 30- 40%.

8 - بالنسبة لمعدلات التسميد لسماد الكمبوست تتفاوت حسب المحصول المسمد حيث فدان القطن يحتاج 8 م^3 (حوالى 3.2 طن سماد كمبوست)، والبصل 7 م^3، والفول السودانى 6 م^3، والكتان 5,5 م^3، والقمح 5 م^3، والقصب والسمسم 4.5 م^3، والذرة الرفيعة 3.5 م^3، الذرة الشامية 1,5 م^3.

3-2-3-6- تعطين السيقان للحصول على الألياف

التعطين Retting كلمة قديمة معناها النقع فى الماء حيث تقوم الميكروبات بتحليل المواد البكتينية الموجودة فى الصفائح الوسطى Middle lammela اللاحمة للألياف، وذلك بإفرازها مجموعة إنزيمات البكتينيز Pectinases، وبذلك تنفرد الألياف التى تستخدم فى صناعة الحبال والدوبار والمنسوجات، ويجرى التعطين بطريقتين:

الأولى: الهوائية: حيث يتم نقع سيقان (أحطاب القطن) فى أحواض كبيرة مهواة كما يحدث فى شركة الجوت والكتان ببلبيس، أو تترك معرضة للندى والأمطار كما فعل قدماء الفراعنة.

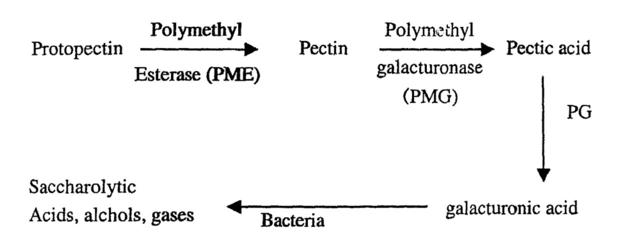
الثانية: اللاهوائية: يتم النقع فى ماء جار أو راكد فى الترع والمصارف بعد تربيط الأحطاب فى حزم وهى الأكثر استخداما فى الريف.

مراحل التعطين

تمر عملية التعطين بثلاث مراحل:

أ - المرحلة الطبيعية حيث تمتص سيقان النبات الماء وتنتفخ وتخرج منها المواد السكرية القابلة للذوبان (تشكل حوالى 12% من الوزن الكلى).

ب - المرحلة البيولوجية حيث تنشط البكتيريا الهوائية أولاً لاحتواء الماء على السكريات الذائبة والأكسجين حتى يستهلك فتنشط الميكروفلورا اللاهوائية التى تفرز إنزيمات البكتينيز التى تحلل المواد البكتينية فى الصفائح الوسطى، كما هو موضح بالمعادلات التالية، وتنفصل الألياف وتتكون بعض الأحماض كالخليك والبيوتريك وكحولات مثل الإيثانول والأسيتون، ويجب عدم زيادة مدة التعطين حتى لا يتحلل سليلوز الألياف نفسه وتدخل عندئذ فى مرحلة Overretting، ومن أمثلة الميكروبات المحللة *Clostridium flsineum* , *Cl. pectinovorum*.



جـ - المرحلة الميكانيكية وتشمل الغسيل والتجفيف والتمشيط وتبييض الألياف.

6-3-2-4- إنتاج الكسب من بذرة القطن

وهو عبارة عن الجـزء المتبقى من البذور بعد استـخلاص الزيوت منها، ويتم استـخلاص الزيوت إمـا بالعصـر (الضغط الهـيدروليكى) أو باستخدام المـذيبات العضوية ويتبقى التفل (القشر واللب) وهو مـصدر جيد للبروتين حيث تصل نسبته إلى 23%؛ ولذا يدخل فى صناعة الأعلاف الحيوانية.

6-3-3- تدوير حطب الذرة

تبلغ المساحة المنزرعة من الذرة الشامية فى مصر 2.94 مليون فدان ومن الذرة الرفيـعة 0.9 مليـون فدان حسب إحـصائيـات سنة 2000 ويبلغ متـوسط الحطب المتخلف عن الفـدان الواحد 1.5 طن وبذلك فإن إجـمالى أحطاب الذرة الشامـية والرفيعة على مستوى الجمهورية حوالى 4.5 مليون طن سنوياً.

أهم طرق الاستفادة من حطب الذرة

1 - أعلاف خضراء طازجة.

2 - كمره وتحويله لسماد عضوى.

3 - السيلجة Ensilage.

4 - تخميره لإنتاج البيوجاز.

أعلاف خضراء وسماد عضوى

يمكن استـخـدام أحطاب الذرة كعلـف أخضـر طازج للحيـوانات (عيـدان خضراء) أو يقطع لأجزاء صغيرة ويكمـر لإنتاج سماد عضوى وقد يخلط مع قش الأرز أو حطب القطن، والفائض يجفف وكان يستـخدم حتى سنوات قريبة مضت كوقود فى أفران المنازل حتى دخل البوتاجاز والكهرباء الريف وحلا محلها.

السيلجة Ensilage

السيلاج هو العلف الأخضر الرطب المخزون فى صومعة Silo أو حفرة تتوفر فيـها ظروف التخـزين المناسبة، ويحـدث ذلك خاصة فى المنـاطق الرطبة التى لا

تساعد ظروفها على تجفيف الدريس كما فى أوروبا وأمريكا وأيضاً فى مصر فى فصل الشتاء ليستهلك فى فصل الصيف عند ندرة العلف.

فوائد السيلجة

1 - ارتفاع معدل هضم المركبات الغذائية نتيجة فعل الميكروبات والإنزيمات.

2 - ارتفاع قيمته الغذائية لاحتوائه على كمية بروتين أعلى من الدريس.

3 - إقبال حيوانات المزرعة عليه لطعمه المستساغ ونكهته الطيبة.

4 - تقليل الفاقد الناجم عن التخزين الجاف.

5 - توفير العلف الحيوانى فى أى فصل طوال السنة خاصة فصل الصيف.

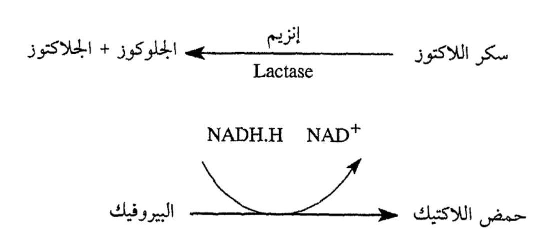
6 - يمكن إدخال بعض المحاصيل البقولية كالفول والترمس والبرسيم لزيادة المحتوى البروتينى.

كيفية عمل السيلاج الجيد

- الحصاد عند أعلى مستوى من السكريات وأقل محتوى من الألياف حسب المحصول المستخدم.
- تقطيع الأحطاب إلى أجزاء صغيرة (5-30 سم).
- ضبط المحتوى الرطوبى داخل صومعة التخزين.
- أبعاد الصومعة تقريباً 3 × 4 × 3 م (طولاً وعرضاً وارتفاعاً) على أن تكون أرضيتها خرسانية ذات ميل لتجميع السوائل مع توفير مشمع للتغطية أو أجولة فارغة.
- يراعى الكبس الجيد بجانب التغطية لتقليل دخول الهواء ما أمكن مع وضع أثقال على الغطاء لمنع تطايره.
- تنمو البكتيريا والخمائر والفطريات الملوثة لأسطح النباتات أو الموجودة بالتربة العالقة بها ثم لا يلبث أن يقف نموها لاستنفاد الأكسجين، وتبدأ الميكروفلورا اللاهوائية فى النشاط فتتحول السكريات إلى أحماض،

وذلك بواسطة بكتيريا حمض اللاكتيك الكروية ويستمر فعلها حتى يصل تركيز الأحماض إلى درجة معينة بعدها تنشط بكتيريا حمض اللاكتيك العصوية التى تنتج كمية وافرة من الأحماض تسبب وقف نشاط الميكروبات الأخرى غير المرغوب فيها وخصوصاً المحللة للبروتينات.

معادلة التحلل



- يراعى أن تصل درجة الحموضة فى السيلاج إلى pH 4 بسرعة لإيقاف نمو الميكروبات المحللة للبروتين حيث تنتج مواد ذات رائحة كريهة وأيضاً لإيقاف البكتيريا المنتجة لحمض البيوتريك *Cl. butyricum* والذى تعافه الحيوانات، ويمكن الإسراع فى الوصول إلى درجة الحموضة المطلوبة بإضافة المولاس بعد تخفيفه بالماء لتشجيع نمو بكتيريا حمض اللاكتيك أو إضافة مخلوط من حمض الهيدروكلوريك مع الكبريتيك بنسبة 1:4 لكل 100 لتر ماء لخفض pH مباشرة، وتعرف بطريقة Vertanen أو استعمال بادئ Starter من بكتيريا حمض اللاكتيك لزيادة نشاطها.

- يجب التحكم فى درجة الرطوبة فى الصومعة وألا تقل عن 40 % وألا ترتفع الحرارة عن 25 - 35°م.

6-3-4- تدوير مخلفات القصب

تبلغ المساحة المنزرعة من قصب السكر فى مصر حوالى 400 ألف فدان يتركز معظمها فى الوجه القبلى وتبلغ إنتاجية الفدان 50 طنا/ فدان ويتخلف عن الفدان 8 إلى 10 طن مخلفات، وبذلك يبلغ إجمالي مخلفات قصب السكر 4 مليون طن على المستوى المحلى. وتشمل مخلفات القصب (القالوج أو الزعزوعة - المصاصة أو باجاس - السفير - المولاس) ويضاف إليها 1.4 مليون طن مخلفات بنجر السكر الناتج عن زراعة 140 ألف فدان فيكون إجمالي مخلفات القصب والبنجر 5.4 مليون طن/ سنة، ويمكن الاستفادة من هذه المخلفات أو تدويرها كالتالى:

6-3-4-1-إنتاج البروتين الميكروبى

حيث أمكن تنمية أنواع معينة من الخمائر مثل *Candida utilis* على المولاس الباجاس لإنتاج الكتلة الحيوية الميكروبية (MBM) وبالتالى زيادة المحتوى البروتينى للمخلف المستخدم بنسبة 10 - 15% مما يرفع من قيمته كعلف متكامل أو كجزء من العليقة، كما أمكن تربية أجناس من البكتيريا على المصاصة مثل *Cellulomonas, Alcaligenus* والتى تحتوى نسبة عالية من البروتين الخام وبعض الأحماض الأمينية (حمض مثيونين) والتى يسهل فصلها واستخدامها كغذاء للإنسان والحيوان، وهذا البروتين يشبه فى تركيبه بروتين فول الصويا.

6-3-4-2-الدريس والوقود

يمثل القالوج أو الزعزوعة 25% من وزن القصب وتستخدم طازجة أثناء الموسم فى تغذية الحيوانات مباشرة أو تُجمع وتُجفف وتستخدم كدريس بعد فترة الموسم.

أما الباجاس Bagasse أو المصاصة ويمثل 25 %من وزن القصب وهى بقايا العيدان بعد عصرها ويتركب من ألياف 45 - 48%، ومواد صلبة 2-5%، ومياه 48-50% ويستخدم كوقود بمصانع السكر للتدفئة وتسخين القصب، بالإضافة إلى السفير وهو القشرة المحيطة بعيدان القصب.

6-3-4-3-إنتاج الخشب الحبيبى

حيث تخزن المصاصة لتجف ويتحلل ما بقى فيها من سكر ثم تفرز حسب طول الليفة وتضاف إليها المادة اللاصقة (يوريافورمالدهيد) ثم تكبس على الساخن، ثم يعقب ذلك عمليات الصنفرة والتنعيم والتشطيب والتغطية بمادة الميلامين.

6-3-4-4- صناعة لب الورق

حيث يتم فرز المصاصة لفصل النخاع والألياف الدقيقة من الألياف الطويلة ويعقب ذلك عملية طبخ الألياف الطويلة بإضافة الصودا الكاوية وكبريتات الصوديوم تحت ضغط وحرارة مرتفعة.

ثم عملية التبييض وتشمل معالجة الكتلة المطبوخة بالكلور بنسبة 8%، ثم استخلاص الصودا والأكسدة بالهيبوكلوريت، ثم عمليات التجفيف والفرد، وأخيراً عملية الاسترجاع الكيماوى وذلك بتبخير السائل الناتج من عمليات الطبخ واسترجاع الصودا الكاوية والكبريتات لإعادة استخدامها بعد المعالجة بالجير.

6-3-4-5 صناعة الكحول الإيثيلى من المولاس

المولاس سائل لزج غليظ القوام تصل نسبته إلى 4,5% من عصير القصب، ويحتوى على مواد سكرية تصل إلى 52% من المواد الصلبة فيه إلا أنه لا يمكن بلورتها لارتفاع لزوجتها. ويمكن تنمية خميرة *Saccharomyces cerevieiae* على المولاس بعد تخفيفه بالماء لتعديل نسبة السكر به إلى 10–18% وضبط الحموضة بإضافة حمض الكبريتيك عند pH 4-4.5 وتنظيم كمية الهواء لإتمام عملية التخمير حيث تقوم الخميرة بتحويل سكر الجلوكوز إلى كحول إيثيلى.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CH_3CH_2OH + 2CO_2$$

وبعد إتمام عملية التخمر (50 ساعة) ووصول نسبة الكحول إلى 7% على الأقل بالمخمر يتم تقطير السائل المتخمر للحصول على الكحول فى صورة نقية بنسبة 96%.

6-3-4-5 إنتاج ك أ$_2$ السائل من المولاس

يتم تجميع غاز (ك أ$_2$) الناتج من العمليـة السابقة ويوجه إلى وحـدة إسالة الغاز، حيث يتم غسله بالماء، ثم بمحلول برمنجنات البـوتاسيوم لأكسدة الشوائب، ثم فحم نباتى لإزالة الرائحة ثم يتم ضغطه وتبريده لتحويله إلى سائل بدرجة نقاوة 99.8% ويستخدم فى المشروبات الغازية وعمليات الإطفاء.

6-3-4-7- إنتاج الخل وحمض الخليك الثلجى والأسيتون من المولاس

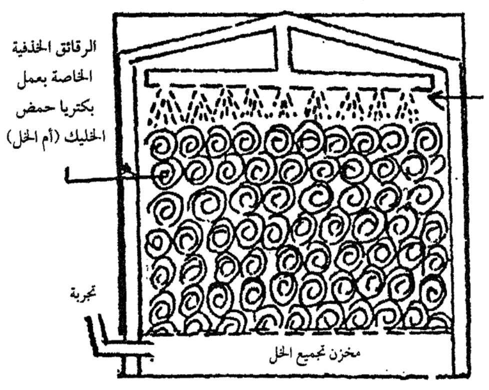
حيث تتم أكسدة الكحول الإيثيلى بعد تخفيفه وإضافة بكتيريا حمض الخليك (أم الخل) *Acetobacter sp*. التي تؤكسده إلى أسيتالدهيد ثم الخليك، وذلك فى براميل خشبية ضخمة حيث يُحمّل الميكروب على نشارة الخشب ويمرر عليها محلول الكحول كرذاذ حيث تتم الأكسدة، ويتم جمع الخل من أسفل البرميل الذى يتم تخفيفه بالماء إلى 6% للاستهلاك المحلى (شكل رقم22).

$$CH_3\ CH_2OH + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CH_3CHO + H_2O$$

اسيتالدهيد

$$CH_3CHO + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow CH_3COOH$$

حمض الخليك



شكل (22) رسم تخطيطي لبراميل إنتاج الخل

إنتاج حمض الخليك الثلجي

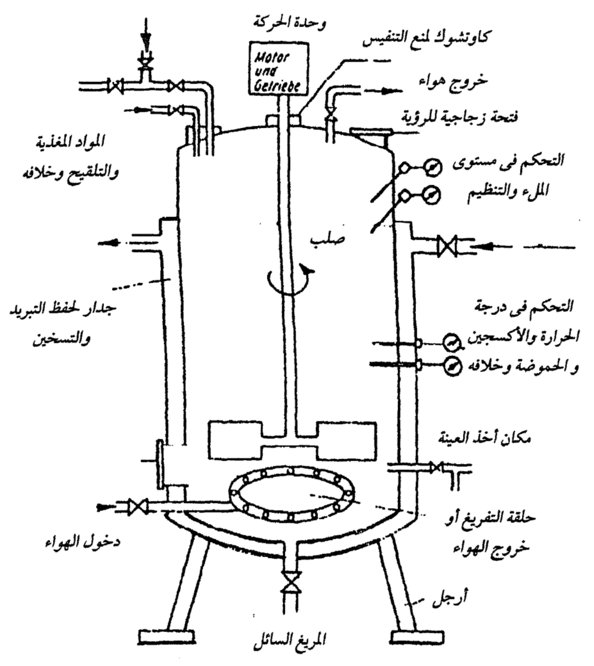
حيث يتم تركيز حمض الخليك 11% الناتج من العملية السابقة إلى تركيز 99% فى وحدات خاصة وبمساعدة خلات الإيثيل كمذيب ويستخدم فى المعامل البحثية وصناعة النسيج والصباغة.

إنتاج الأسيتون

وهى عملية ميكروبية حيث يتم تخفيف المولاس ومعالجته وتعقيمه وتبريده تضاف بكتيريا *Clostridium acetobutricum* التى تحول السكريات فى المولاس إلى أسيتون وبيوتانول.

6-3-4-8- إنتاج خميرة الخباز بتخمير المولاس

حيث تنمى سلالات من خميرة *Saccharomyces cerevisiae* فى مخمرات ضخمة شكل رقم (23) تسع عدة أطنان من مخفف المولاس وهو عبارة عن مادة لزجة تحتوى على 50% سكر (جلوكوز، سكروز، فركتوز) مع إضافة بعض الأملاح المعدنية والفيتامينات وتوفير التهوية المناسبة ودرجة حرارة 25-30°م، ويتم التخمر إما بطريقة التغذية المتقطعة Bach culture أو التغذية المستمرة Continuous culture ثم يتم طرد مركزى لمعلق الخميرة للحصول على كريمة الخميرة والتى يتم غسلها لإزالة الشوائب ثم تجفف وتشكل فى صورة قوالب وتغلف فى عبوات غير منفذة للماء وتحفظ أو تخزن عند 4°م حتى أثناء النقل والتوزيع وتستخدم فى الأفران فى صناعة الخبز.



شكل (23) رسم تخطيطي لمخمر ضخم لإنتاج الخميرة ومستخلصاتها

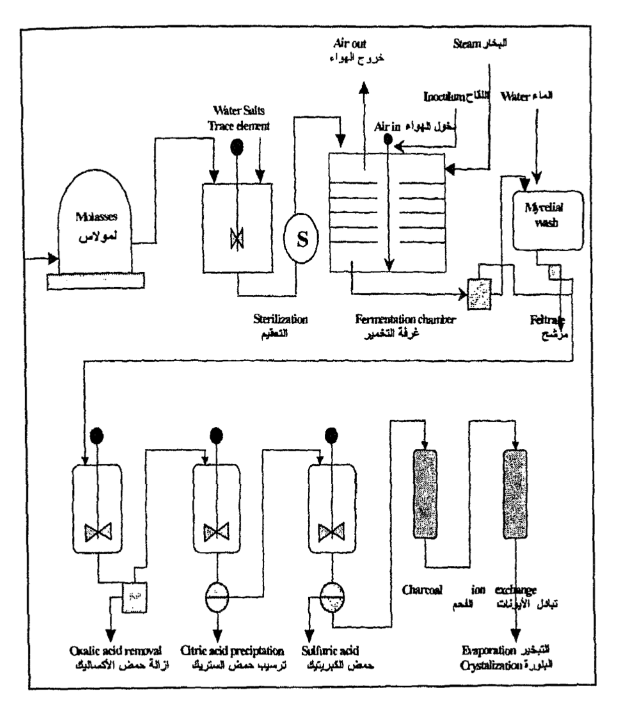
6-3-4-9-إنتاج المضادات الحيوية والفيتامينات والإنزيمات

ويتم فى هذه الحالة إنتاج كتلة حيوية من خلايا الخميرة الغنية بالدهون أو الفيتامينات مثل مجموعة فيتامينات ب المركب B-Complex من خميرة *Saccharomyces* والتى تشمل فيتامينات الريبوفلافين والنياسين والثيامين والبيوتين

وإنتـاج فيتـامين ب12 (سـيانوكـويلامـيد) من بـكتيـريا *Propionibacterium,* *Streptomyces* أو إنتاج مجموعة مضادات حيوية من بعض أجناس الفطريات مثل *Penicillium*، الأكتيـنوميسيتـات مثل *Streptomyces* ويتم الإنتاج فى مـخمرات ضخمة محتوية على البيئة الغـذائية المناسبة المحتوية على المولاس كمصدر للكربون وبعد فترة نمو مناسبة يتم جمع الخلايا بالطرد المركزى أو الترشيح، ويتم استخلاص الفيتامينات أو المضادات الحيوية وتنقيتها.

10-4-3-6 إنتاج حمض الستريك من المولاس

حيث يستخدم عادة فطر *Aspergillus niger* أو خميرة *Candida* فى إنتاج الستريك بتنميته على بعض المواد الخام مثل المولاس أو الباجاس، وذلك من خلال دورة كربس مع حـفظ التهوية حـتى لا تحدث الأكسـدة الكاملة ويتكون (ك أ$_2$)، ويشترط للحصـول على إنتاج عال من الحمض انخفاض تركيـز واحد أو أكثر من العناصر الأساسية لنمو الفطر مثل الفوسفور أو المنجنيز أو الحديد أو الزنك فى بدء التخمر مع زيادة تركيز السكر (المولاس) والتهوية الجيدة، وتتم تنمية الفطر فى أوان (صوان) غيـر عميقة مصنـعة من الألومنيوم أو الاستنلس وترص فوق بعـضها فى أرفف، ولا يجب أن يزيد عمق البيئـة المستخدمة عن 8-12 سم ويخفف المولاس إلى تركيز سكر 15- 20% وتحمض البيئة بإضافـة حمض الفوسفوريك حتى يصل درجة pH الى 6-6.5 ثم يسخن المحلول إلى 80م ويبرد إلى 40م ويتم التلقيح بجراثيم الفطر حـيث تنبت الجراثيم فى خلال يومين وتضبط حـرارة التحضين عند 30°م حيث تتكون طبقة مجعدة من ميسليوم الفطر تطفو على السطح ويبدأ تكوين حمض السـتريك ويصل إنتـاج الحامض إلى 60% من السكر المضاف خلال 1-2 أسبوع. ويوضح شكل (24) العمليات المختلفة لإنتاج حمض الستريك.



شكل (24) رسم تخطيطي لإنتاج حمض الستريك بالطريقة السطحية

ويستخدم فطر الأرجوت *Claviceps purpurea* فى إنتاج فيتامين (د) وأيضاً بعض المواد الكالودية Alkaloids التى تستخدم فى الأغراض الطبية حيث تسبب انقباضات سريعة وقوية فى الرحم؛ ولذا تستخدم فى منع النزيف أثناء الولادة.

كما تنمى بعض الفطريات التابعة لأجناس *Rhizopus, Mucor, Aspergillus* لإنتاج إنزيم الأميليز والبروتينات.

كما تستخدم بعض أنواع من الأشينات Lichens فى إنتاج صبغات معينة مثل *Rosella lichen* الذى يستخرج منه صبغة دليل عباد الشمس.

6-3-5- تدوير مخلفات بنجر السكر

- يصل متوسط محصول بنجر السكر إلى نحو 19 طنا/ فدان، وقد يصل فى بعض المناطق لمعدلات 25 أو 30 طنا/ فدان وبلغت المساحة المزروعة به 140 ألف فدان في مصر وتنتشر زراعته الآن فى العديد من البلدان العربية.

- العروش والأوراق المتبقية بعد جمع المحصول وفصل الدرنات وتسليمها إلى مصنع السكر يمكن استخدامها كعلف حيوانى أخضر طازج أو يتم تجفيفها واستخدامها كدريس فى أوقات الحاجة كما فى أشهر الصيف أو تحفظ كسيلاج فى حالة زيادة كمية المخلفات عن الاستهلاك، ويفضل عندئذ خلطه مع قش الأرز لمعادلة الرطوبة الموجودة بالسيلاج لتلافى إصابة الحيوان بالانتفاخ أو الاضطرابات المعدية.

- أما مخلفات صناعة السكر من البنجر فتشمل جزئين أساسيين:

أ - لب وتفل بنجر السكر وهو الناتج الجاف المتبقى بعد استخلاص السكر من الدرنات، وتمثل نسبته حوالى 5,5% من وزن الدرنات وتفوق قيمته الغذائية مصاصة القصب (الباجاس) حيث يحتوى تفل البنجر على 9.2% بروتين خام، 3.2% دهن خام، 32.2% ألياف خام، 6.6% رماد خام ويستخدم كعلف حيوانى أو فى إنتاج البكتين.

ب - مولاس بنجر السكر وهو الناتج الثانوى من صناعة السكر من البنجر وهو سائل سميك القوام ويمثل حوالى 5% من المحصول ويستخدم فى الصناعات التخميرية التى سبق ذكرها فى مولاس قصب السكر.

6-3-6- تدوير مخلفات الزيتون والتمور

- يتبقى بعد عصر ثمار الزيتون لاستخراج الزيت فى المعاصر المختلفة (سواء بدائية أو حديثة) جزء كبير يصل إلى 25% من الزيتون المصنع، ويمثل الغلاف الخارجى للثمرة (القشرة) واللب والنواة، ويمكن الاستفادة منه (تدويره) فى عمل كسب للمواشى وأعلاف الدواجن وسماد عضوى؛ نظراً لاحتوائه على كثير من العناصر الغذائية مثل الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم وأيضاً بروتين وبقايا الزيوت وسليلوز بنسب معقولة.
- أما مخلفات تصنيع التمور فتشمل الثمار غير الصالحة والنوى ويستفاد من الأولى بإنتاج مخللات التمور وتشمل الثمار السقط (غير مكتملة النمو) أو القيعى (غير الملقحة) أو الثمار منخفضة الجودة (المعطوبة) وتسقط أسفل النخيل حيث يتم تعبئة الثمار فى محلول ملحى 40 بالوميتر وتترك لمدة أسبوعين ثم تعبأ فى محلول التخليل مع محسنات النكهة وتخزن.
- أما نوى التمور فتصل نسبته إلى حوالى 5-8% من جملة إنتاج التمور الطازج، ويمكن استخدامه فى عمل علف للمواشى بعد جرشه وطحنه أو إنتاج بدائل القهوة بعد تحميص النوى على درجات حرارة مرتفعة ثم طحنه ويمتاز بانخفاض محتواه من الكافين ويناسب مرضى القلب والشرايين.

7-3-6- تدوير مخلفات نباتات الألياف

وتشمل الكتان والتيل والقصب والكركديه، حيث يستفاد من البذور فى عمل الكسب، أما الساس أى السيقان بعد فصل واستخراج الألياف منها فإنها تستخدم فى صناعة الخشب الحبيبى بعد تجفيفها وفرمها، ولا ننسى أزهار الكركديه التى تجفف وتستخدم كمشروب قلوى التأثير يفيد مرضى الضغط والقلب، وقد سبق الحديث عن كيفية عملية التعطين.

8-3-6- تدوير مخلفات صناعة الألبان

وتشمل الإنتـاج المنتهى الصـلاحية والمرتجع إلى المصنـع والشرش الناتج من تصنيع الجبنة، أمـا المرتجع كالقشـدة والزبدة فيمكن إعـادة تصنيعها إلى سـمن ما دامت صالحة لم تفسد بعد ولا تحتوى مـيكروبات مرضية، أما الجبن واللبن المتخمر فيـمكن تحـويلها إلى جبن المش، أمـا الشرش وهو يشكل حـوالى 70- 75% من حجم اللبن المصنع إلى جبن فإنه يعتبر من أكبر الملوثات فى مصانع الألبان لاحتوائه على نسبة عاليـة من المواد العضوية (TSP, COD, BOD) كما يتـضح من الجدول التالى (جدول 28).

ويترتب على صرف الشـرش بدون معالجة عمليـة إغناء وتخصيب للقنوات المائية مما يترتب عليه نمو الطحالب والنباتات المائية وأيضاً زيادة نشاط الميكروبات فى عمليات الأكسدة مما يترتب عليه استـهلاك الأكسجين الحيوى بهذه القنوات وتصبح ميتة بيولوجياً.

جدول (28): خصائص الشرش.

الخــواص	الشرش الحلو	شرش الجبنة البيضاء	مولاس قصب السكر
التركيب الكيميائى فى الغذاء النهائى			
الوزن النوعى (كجم/ لتر)	1025	1030	1262
الأس الهيدروجينى (أو نسبة الحموضة)	6.40 (0.05)	6.55 (1.089)	5.5
نسبة الرطوبة (٪)	91.95	94.45	25
المادة الجافة (٪)	8.05	5.55	75
المادة الصلبة غير الدهنية (٪)	7.55	5.55	75
الدهـــون (٪)	0.50	0.00	0.1
البروتين الخام (٪)	1.10	0.25	3.2
الكربوهيدرات القابلة للذوبان (٪)	5.20	4.90	62.75
إجمالى الرمـاد (٪)	0.52	0.50	9.2
المحتوى الغذائى (المادة الجافة الأساسية)			
إجمالى النتروجين (٪)	1.30	0.26	0.66
النتروجين الخالى من البروتين (٪)	0.34	0.24	-
الكالسيـــوم (٪)	0.058	0.055	0.89
الفوسفـــور (٪)	0.52	0.045	0.082
الطاقة الصافية إنتاج الألبان (ميجاكالورى/ رطل)	0.90	0.85	0.65
إجمالى الطاقة (ميجاكالورى/ رطل)	1.86	1.7	1.4
السعر غير شامل النقل "سعر البوابة" (جنيه مصرى/ طن)	لا شيء	لا شيء	220

المرجع: صلاح الحجار، 2003

وينقسم الشرش الى نوعين:

الشرش الحلو:	الشرش المملح
ينتج من عملة تصنيع الجبن الجاف	ينتج من تصنيع الجبن الأبيض (الدمياطى)
نسبة الملح 1%	نسبة الملح 10- 15%
نسبة الجبن / الشرش 1: 5	نسبة الجبن / الشرش 1: 1.5

تدوير الشــرش

1 - إنتاج اللبن المجفف عديم الدهن.

2 - إنتاج البـروتين الميكروبى: ولا تختلف تـنمية الخـمائر الغنيـة بالبروتين (الخمـائر الغذائية) على الشـرش عن تنميتـها على المولاس إلا فى نوع السلالة المسـتخدمة، فـفى الشرش *Kluyveromyces fragilis* وكل لتر واحد من الشـرش الخام (المضـاف إليه 1% كبـريتات أمـونيوم، 0.5% فوسفات بوتاسيوم) ينتج 23 جرام خميرة تحتوى 50% من وزنها بروتين خام.

3 - إنتاج الكحول الإيثـيلى، حيث يتم تركيز الشرش ثم تخـميره بواسطة السـلالة السـابقة ووجـد أن كل 42 لتـرا من الشرش تعطى لتـراً من الكحول الإيثيلى.

4 - استـخدام الـشرش فى إنتـاج عيش الغـراب (المشروم) حـيث يتم نزع البـروتين من الشرش بالتـرشيح الدقـيق حتى تصـبح نسبـة الكربون: النتـروجين 5.6 :1 مع ضـبط pH على 4,4 - 5,5 مع إضـافـة 1% ببتون، 1% مستخلص خـميرة للمساعدة فى إنتـاج الكتلة الحيوية من فطريات *Morcella*.

5 - استـخدامه كـعلف للحيـوانات حيث يمكن ترسيب بـروتينات الشرش باستخدام الحرارة والحموضـة ثم تجفف وتستخدم فى صناعة الأعلاف،

ويتفوق الشرش عن المولاس باحتوائه على نسبة جيدة من الأملاح المعدنية، كما أن الشرش يمكن أن يحل محل 100% من المياه الداخلة إلى المزرعة وأرخص من المولاس (بحوالي 6.8%) وينعكس ذلك على تكلفة كيلو اللحم في مزارع التسمين.

6-3-9- تدوير ورد النيل والحشائش المختلفة

ورد النيل هو أحد الحشائش المائية السريعة النمو والانتشار بالترع والقنوات والمصارف المائية، ومنشأ هذا النبات هو المناطق الاستوائية بأمريكا الجنوبية، وقد دخل إلى مصر في منتصف القرن التاسع عشر كنبات زينة وله قدرة عالية على التكاثر، حيث يعطى النبات الواحد حوالي 4.5 مليون نبات خلال سبعة أشهر تغطى مساحة سطحية قدرها 14928 م^2 تقريباً.

أسباب انتشار ورد النيل

1 - توقف الفيضانات التي كانت تكنس أمامها بقايا النباتات والحشائش المائية.

2 - خلو الماء من الطمي بما يساعد على تخلل الضوء إلى المياه وبالتالي يزيد من نمو وتكاثر الحشائش.

3 - زيادة نسبة مخلفات الأسمدة الكيماوية المنصرفة إلى القنوات المائية بسبب التسميد غير المحسوب مما يشجع نمو هذه النباتات بغزارة.

4 - تراجع عمليات تنظيف الترع والمصارف الدورية.

الأضرار الناجمة عن تزايد ورد النيل والحشائش المختلفة

1 - إعاقة الملاحة وسد الترع وتعطيل الرى.

2 - تجمع القواقع والمحارات مما يسبب زيادة الأمراض كالبلهارسيا والإنكلستوما.

3 - تسبب خفض الأكسجين الذائب نتيجة تنفسها مما يهدد الأحياء المائية كالأسماك والقشريات بالفناء فيما يعرف بظاهرة التسارع البيولوجى Eutrophication مما يؤدى إلى الموت البيولوجى للأنهار والبحيرات.

4 - فقدان كمية كبيرة من المياه بالتبخر نتيجة كبر المساحة السطحية لأوراق ورد النيل.

فوائد ورد النيل

- تنقية وتخليص المياه من المعادن الثقيلة والمبيدات خاصة صرف المصانع.
- الاستفادة منه كعلف حيوانى أو علائق للبط والدواجن.
- الاستفادة منه كمصدر للوقود بعد تجفيفه.
- تتميز جذوره بإفراز إنزيم اليورياز الذى يحلل سماد اليوريا (صرف زراعى).
- إنتاج الغاز الحيوى حيث أمكن الحصول على 374 لتر بيوجاز/ كجم نبات جاف.

ورغم أن ورد النيل يعتبر جهازاً طبيعياً لتنقية مياه الأنهار والترع والمصارف ولكن عندما يصل إلى مرحلة الإعاقة النهرية فإن مكافحته واجبة بالطرق الميكانيكية.

إمكانيات تدوير ورد النيل

1 - تصنيعه كعلف حيواني

نظراً لاحتواء ورد النيل على تركيزات من المعادن الثقيلة والمبيدات وأيضاً احتوائه على مواد قلوية مهيجة للأغشية مما جعله فى صورته الطازجة غير مستساغ للحيوانات؛ لذا يجب تجهيز النبات ليكون غذاء صحياً ومقبولاً للحيوانات بمراعاة عدة اعتبارات وإجراءات كالتالى:

أ - ضرورة قطع جذور النبات واستبعادها نهائيا حيث تتركز به العناصر الثقيلة كالرصاص والحديد والزنك والنحاس والسيلكا وغيرها.

ب - ضرورة تقليل الرطوبة به حتى 12% خصوصاً عند عمل السيلاج منه أو خلطه ببعض المخلفات الحقلية مثل حطب الذرة أو تبن القمح أو الفول أو قش الأرز.

جـ - انتقاء الأماكن التى تجمع منها ورد النيل فى مجرى نهر النيل وتجنب الأماكن المجاورة للمناطق الصناعية أو المصارف الملوثة بالصرف الزراعى من مبيدات وأسمدة كيماوية.

د - يفضل إدخاله فى الأعلاف المتكاملة وليس كمصدر غذائى وحيد للحيوانات ولا تزيد نسبته عندئذ عن 20%.

هـ - عدم إعطاء دريس أو سيلاج ورد النيل للمجترات أو الحملان بعد الفطام مباشرة ولكن بعد ستة أشهر على الأقل من عمرها.

وقد لوحظ وجود تقارب بين التركيب الغذائى من الأجزاء الخضرية لورد النيل المجفف جزئياً والحشة الأولى للبرسيم حيث كان تركيز النشا 45.5% فى البرسيم مقابل 41.00 - 50,8% فى ورد النيل والبروتين المهضوم 13.1% فى البرسيم مقابل 12.8-15.9% فى الآخر والطاقة المهضومة 2,3 ميجا كالورى/ كجم فى الأول مقابل 2.00-2.5 فى الثانى.

2 - سليجة ورد النيل

حيث تتم عملية تقطيع الجذور واستبعادها ثم تقطع الأوراق والسيقان إلى أجزاء بأطوال 3-5 سم بواسطة ماكينات التقطيع ثم يترك ليجف حتى تصل الرطوبة إلى 65-70 % ثم يخلط ببعض المواد الخشنة مثل قش الأرز أو تبن الفول بنسبة تصل إلى 20% وأخيراً تتم إضافة المولاس بنسبة 5-10% من المخلوط الكلى، ثم يتم تشوين المخلوط فى طبقات متبادلة من نبات ورد النيل وقش الأرز أو حطب الذرة، وتكبس بالجرار الزراعى ذهابا وإياباً حتى ارتفاع 1.5 - 2 متر ويغطى السطح بالمشمع أو قش الأرز أو طبقة من الطمى لإحكام عملية العزل والضغط. وتستمر عملية الكمر لعمل السيلاج لمدة لا تقل عن شهرين، وبالتالى يمكن الاستفادة من هذه المخلفات النباتية الملوثة للبيئة.

3 - استخدام ورد النيل فى الصناعة

أ - فى إنتاج الفحم النباتى.

ب - فى صناعة الورق الأسمر والكرتون والألواح وذلك بعد خلطه بقش الأرز بنسبة 1:1.

جـ - فى استخلاص المعادن الثقيلة وذلك بفصل الجذور وحرقها.

د - الاستفادة منه كسماد رخيص، وخاصة فى الأراضى المستصلحة حديثاً وذلك لزيادة المادة العضوية وعناصرالنتروجين والفوسفور والبوتاسيوم.

هـ - فى تنمية وإنتاج عيش الغراب حيث يخلط مع النخالة ومسحوق الحجر الجيرى واليوريا والفوسفات العضوية بنسبة 100 ورد نيل: 10 نخالة: 5 مسحوق حجر جيرى: 1.5 يوريا وفوسفات.

4 - هضم ورد النيل باستخدام ديدان الأرض Earth worms

حيث تقوم الديدان بالتغذية على المخلف العضوى وهضمه وبناء أجسامها، أما مخلفاتها فتعتبر سمادا عضويا جيدا أى أن الديدان تعتبر مصنعاً قائماً بذاته حيث تحول المخلفات الى سماد عضوى فى غضون عدة أسابيع وهى عملية اقتصادية ورخيصة وغير ملوثة، وقد أثبتت الدراسات (أبو سعدة، 1993) لدراسة سلوكيات الديدان والسماد الناتج فوجد أنه ذو نسبة C/N ضيقة وكتلة حيوية مرتفعة ونشاط إنزيمى عال، ويمكن استخدامه بدلاً من التربة الصناعية Beat moss المستخدمة فى المشاتل وأهم الديدان المستخدمة *Eisenia foetida, Lumbricum rubellos* حيث تعطى الدودة الواحدة خلال عام واحد ألف دودة.

10-3-6- تدوير مخلفات صناعة الزيوت والصابون

حيث تقوم هذه المصانع بإنتاج زيوت نباتية من بذور القطن وعباد الشمس وفول الصويا والسمسم والكتان وأيضاً إنتاج السمن النباتى والصابون والجليسرين، وتشمل مراحل العملية الصناعية ما يلي:

- الاستلام والغربلة وإزالة الشوائب العالقة بالبذور.
- طحن البذور والطبخ والعجن.
- استخلاص الزيوت بالمذيب (الهكسان).
- تكرير الزيت الخام والتعبئة.

ويتخلف عن عملية الإنتاج والتصنيع بعض المشكلات مثل:

أ - كمية كبيرة من كسر البذور والقشور تعامل كمخلف ولا يعاد استخدامها.

ب - فقد كمية كبيرة من الزيت (1/2 طن سنوياً) للتسرب أثناء التكرير والتعبئة والتداول والنقل.

جـ - احتواء مياه الصرف الناتجة عن التكرير على نسبة عالية من المواد الدهنية (200 جزء/ مليون من إجمالى الزيوت والسموم) مما يرفع BOD إلى معدلات أضعاف المسموح به محليا وعالميا.

إمكانية تدوير المخلفات

1 - إعادة استخدام القشور وكسر البذور الناتجة فى عمل الكسب (كعلف حيوانى) وهو مصدر جيد للبروتين (حوالى 23% فى كسب القطن).

2 - جمع الزيوت الفاقدة أو المسكوبة وإعادة تدويرها حيث يمكن استرجاعها عن طريق الفصل بالتثاقل Gravity oil separator أو التعويم بالهواء الذائب (DAF).

3 - جمع المواد غير القابلة للتصبن (المكونات الصغرى للزيوت النباتية) وهى مواد ذات قيمة اقتصادية كبيرة وتدخل فى العديد من الصناعات الدوائية وتشتمل على إستيرولات نباتية - مركزات فيتامينات أ، هـ - شموع نباتية - بيتاكاروتين ويمكن فصلها بتصبين الزيوت بالصودا الكاوية أو مشابهاتها، ويلى ذلك عملية غسيل بالماء لفصل هذه المواد غير القابلة للتصبن.

6-3-11- تدوير مخلفات صناعة النشا والجلوكوز

تقوم صناعة النشا والجلوكوز على استخراج النشا من المحاصيل الغنية به مثل درنات البطاطس والبطاطا وبنجر السكر وحبوب الذرة، والنشا هو المادة الرئيسة فى تصنيع الجلوكوز الذى يدخل فى مختلف أنواع الحلويات.

وأهم المخلفات الناجمة عن هذه الصناعة ما يلي:

1 - جلوتين الذرة، وهو ناتج ثانوى بعد استخلاص النشا واللجنين واستبعاد القشور الخارجة للحبوب ويعتبر مصدراً غنياً بالبروتين (حوالى 40-60% بروتين خام) ويتوقف ذلك على طريقة التصنيع، ولكنه فقير فى العديد من الأحماض الأمينية.

2 - الجلوتوفيد، وهو ما يتخلف بعد استخلاص الجلوتين فى ماء النقع ويحتوى على نحو 16% بروتين، 12% ألياف خام.

3 - كسب جنين الذرة، ويحتوى على حوالى 20% بروتين خام.

4 - مخلفات مياه النقع، وهى تحتوى على 50% مواد صلبة و 15-20% بروتين مما يجعلها ذات قيمة فى صناعة الأعلاف حيث يمكن استخدامها كبديل للمولاس والفيناس (سائل متبقى من عمليات تخمر المولاس لإنتاج الكحول والخليك)، خاصة أن لزوجة مياه النقع متقاربة مع لزوجة المولاس.

الاستفادة من هذه المخلفات

1 - إدخالها فى صناعة الأعلاف للدواجن والماشية لرفع القيمة الغذائية نظراً لاحتوائه على نسبة عالية من البروتين والألياف.

2 - استخدامها كبديل للمولاس فى الصناعات الميكروبية التخمرية مثل إنتاج الكحول الإيثيلى والخل والأسيتون والستريك والإنزيما.

3 - استخدامها فى صناعة السيلاج كبديل للمولاس (أرخص ثمناً).

4 - استخدامها - كمحسن طبيعى - يضاف إلى قش الأرز لرفع قيمته الغذائية كعلف أو سماد عضوى.

6-3-12-تدوير مخلفات الأغذية المعلبة والمجففة

وتشمل مخلفات مصانع العصائر والمربات والشيبسى والخضروات المحفوظة، وتدخل فى عملية تصنيعها أغلب أنواع الفواكه مثل المانجو والموالح والمشمش والجوافة والتفاح والعنب والخضر مثل الفاصوليا والباميا والبسلة والجزر والبطاطس والفراولة والبصل والطماطم وغيرها.

والجدول التالى (29) يوضح كميـة المتخلف بمصنع إدفينا للأغـذية المحفوظة بجمهورية مصر العربية.

- وجدير بالذكر أن مخلفات التصنيع تختلف عن مخلفات الخضر والفاكهة الطازجـة كالعـروش والثمـار غير المرغـوب فيـها، وهذه تدخل ضـمن مخلفات الأسواق والمطابخ وسبق الحديث عن تدويرها.
- يتخلف أثناء عمليات التصنيع سواء العصـائر أو الحفظ الطازج أو الحفظ بالتجفـيف الكثير من المخلفـات من بذور وقشور ولب ومخلفـات عصر وتتميز بارتفاع مـستواها من الكربوهيدرات، وتعتبر مـصدراً جيداً للطاقة مثل مـخلفات البطاطس والبـصل والعنب، وأيضاً ارتفـاع محـتواها من البروتين الخام مثل مخلفات البسلة والفاصوليا والخرشوف والطماطم.

إمكانيات إعادة التدوير

1 - يمكن استخدامها مباشرة كعلف للحيوانات.

2 - الاستفادة بتـخميرها لإنتاج البروتين الحيوى (الميكروبى) أو إنتـاج كثير من الأحماض والكحولات العضوية.

3 - الاستفادة بتخميرها لإنتاج الغاز الحيوى (Biogass).

4 - كمرها مع بقايا بعض المحاصيل الفـقيرة فى المحتوى البروتينى والمعادن الغـذائية مـثل قش الأرز أو حطب القطن أو مصـاصة القـصب لزيادة قيمتها الغذائية كسماد عضوى صناعى Compost.

5 - الاستـفادة من قـشور كثـير من الفـواكه كالتـفاح والكمـثرى والموالح لاستخراج البكتين، ومخلفات البصل المجفف أيضاً.

6 - استخدامها فى بيئات مخلوطة لتنمية وإنتاج عيش الغراب.

وبالتأكيد فإن المردود الاقتصادى لإعـادة استخدام مثل هذه المخلفات يحسب حسابه الآن جيداً فى دراسات الجدوى عند إنشاء مثل هذه المصانع.

جدول (29): المعدل السنوي لمخلفات تصنيع الخضر والفاكهة بمصانع شركة إدفينا للأغذية المعلبة (عام1995)

نوع الخامـــة	الوارد بالطن	قيمة المواد الصلبة الرطبة المتخلفة بالطن	كمية المواد الصلبة المتخلفة بالطن
العصائر:			
1 - مانجو	2606.3	1042.5	260.6
2 - جوافة	268.3	57.25	14.32
3 - جريب فروت		15.38	3.09
المربـــات:	22.5		
1 - تفـــاح	125.8	12.85	3.14
2 - خـــوخ	126.9	31.72	7.93
3 - مشمـش	274.2	82.3	20.65
4 - تيـــن	75.7	2.27	0.56
5 - بلح مهروس	87.68	13.68	3.46
6 - بلح مفصص	32.5	11.43	2.83
7 - برقـــوق	21.48	6.44	1.61
8 - فراولـــة	99.7	9.96	2.49
9 - نارنـــج	85.1	4.45	1.11
10 - جـــزر	358.6	35.96	8.97
الخضروات المحفوظة:			
صلصة طماطـــم	8439.9	1097.2	274.3
فاصوليا خضـــراء	6.48	1.10	0.28
قلقـــاس	39.5	13.05	3.26
بســـــلة	1165.5	728.4	182.10
سبانـــخ	62.9	36.5	9.1
بطاطـــس	30.8	16.9	4.2

* المرجع: أرناؤوط، 2003.



الباب السابع

الزراعة بدون تربة

SOIL LESS CULTIVATION

تعريفها

"هى إنتاج النباتات بغير زراعتها فى التربة بأنواعها المختلفة".

ويدخل ضمن هذا التعريف **الزراعة المائية** Hydroponics أي تنمية الجذور فى محلول غذائى تمتص منه ما يحتاجه النبات من ماء وأملاح غذائية تحتوى كافة العناصر الكبرى والصغرى اللازمة للنبات، ويتم فيها تثبيت الجذور وتدعيم المجموع الخضرى بطرق خاصة.

وهناك أيضا **المزارع الهوائية** Aeroponics حيث تبقى الجذور عالقة فى الهواء فى حيز مغلق ذي درجة رطوبة عالية وعادة ما تتم الزراعة بدون تربة داخل الصوب (البيوت) الزجاجية.

1-7 المزارع المائية

نبذة تاريخية

عرفت المزارع المائية منذ ما قبل الميلاد حيث كانت نباتات الزينة توضع فى فازات أو أحواض مائية، إلا أنها لم تتطور وتستخدم بغرض إنتاج الغذاء على نطاق واسع إلا منذ الحرب العالمية الثانية حيث كان ضروريا إنتاج الخضروات الطازجة فى معسكرات الجيوش الموجودة فى مناطق لا تصلح فيها التربة للزراعة، ومنذ ذلك الحين أصبحت علما قائما بذاته ونشر فيه العديد من المراجع والبحوث.

مزايا المزارع المائية

1) إمكانيــة الإنتــاج الزراعي فى مناطق تســتحــيل فــيهــا الزراعــة بالطرق التقليدية.

2) لا توجد مشاكل تتعلق بطبيعة أو قوام التربة أو عدم تجانسها.

3) لا توجد مشاكل حشائش أو عمليات تجهيز التربة للزراعة.

4) لا توجد مشاكل الكائنات الدقيقة الممرضة التى تعيش فى التربة.

5) لا توجد مشاكل فى إهدار أو فقد الأسمدة المضافة بالتسرب الجوفى.

6) توفير مياه الرى المهدرة فى الصرف.

7) التبكير فى النضج وزيادة الإنتاجية وبالتالي زيادة العائد المادى.

عيوب المزارع المائية

1) أى خلل فى النظام يؤدى إلــى خســائر كــبيــرة حــيث يتم كل شيء فى موعده دون تأخير

2) تغيــر رقم الحمــوضة pH فى المزارع المائيــة بسرعــة أكبر مــن الزراعات الأرضية

3) مشاكل تثبيت النباتات وتكاليفها.

أنواع المزارع المائية

تقسم حسب وجود أو عدم وجود مادة صلبة لتوفير دعم للنمو النباتي إلى:

1) نظم لا توجد بها مادة صلبة Liquid system؛ ولذا تعلق على دعامات.

2) نظم توجــد بها مادة صــلبة aggregate system لتشــبيت الجــذور حيث يستعمل أحيانا الرمل والزلط أو البيت أو الصوف الحجري أو القش.

وهناك تقــسيم آخــر حسب اســتعمــال المحلول المغــذى مرة واحدة أو يــعاد استخدامه عدة مرات:

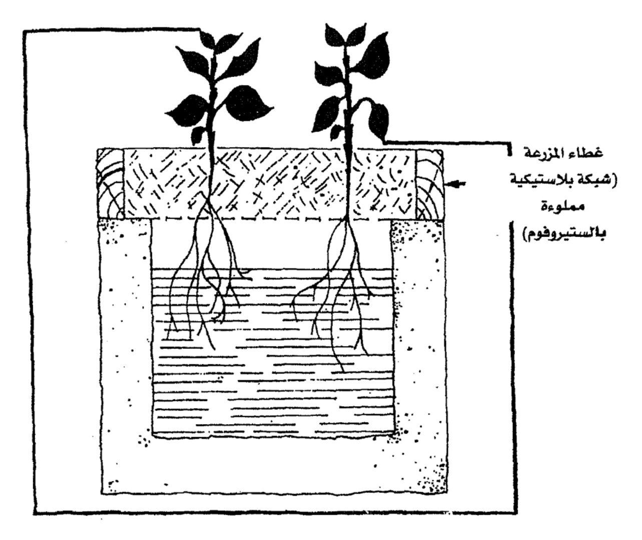
1) النظم المفتوحة Open systems حيث تروى هذه المزارع بماء يحتوى على المحاليل الغذائية القياسية المركزة ولا يلزم لها خزانات كبيرة للمحاليل القياسية.

2) النظم المغلقة Closed systems حيث يستعاد فيها المحلول المغذى المستخدم فى الرى ويعاد استخدامه عدة مرات مع تعديل تركيز العناصر به كلما دعت الضرورة؛ ولذا يطلق عليها recycled nutrition وذلك لخفض كمية الماء والعناصر الغذائية المستخدمة ولكن يلزمها خزانات كبيرة وأيضا فلاتر لتنقية المحاليل المستعادة.

مزارع المحاليل المغذية Nutrient solution cultures

هى محاليل تحتوى على العناصر الغذائية اللازمة للنمو النباتي بدلا من الماء العادى، ولا يوجد محلول مغذ معين يمكن أن يقال إنه الأفضل، فكل محلول يصلح فى ظروف خاصة وتقترب أغلبها من محلول هوجلاند (كما سيرد ذكره). وفى هذه المزارع تبقى الجذور معلقة فى المحلول المغذى داخل وعاء بلاستيك (الأغراض البحثية) أو أحواض أسمنتية مطلية بالبيتومين (الزفت) (الإنتاج التجارى).

ويتكون غطاء الحوض (مهد البذور أو تثبيت الشتلات) من شبكة بلاستيكية وتملأ بالقش او نشارة الخشب وحديثا الستيروفوم Styrofoam، ويتم توفير الاكسجين اللازم لتنفس الجذور بواسطة مضخة صغيرة كما فى أحواض أسماك الزينة (شكل رقم 25).



شكل (25): مقطع عرضي في مزرعة محلول مُعَدّ تجارية

خصائص الماء المستخدم فى تحضير المحاليل المغذية

1) أن يكون قليل الملوحة أى درجة توصيله الكهربي لا تزيد عن 700 ميكروموز ونسبة كلوريد الصوديوم به لا تزيد عن 50 جزءا فى المليون.

2) يمكن استعمال الماء العسر Hard water فى تحضير المحاليل وهو الماء الجوفى الذى يمر على طبقات جيرية فيحتوى على تركيزات عالية من كربونات وكبريتات الكالسيوم والمغنسيوم، وكلما زاد عسر الماء يزداد pH (قلوى التأثير) مما يؤدى إلى عدم تيسر بعض الأيونات مثل الحديد، ويمكن معالجة عسر الماء بعملية Ionization حيث يمرر الماء على مرشحات مشبعة بالأيدروجين H^+ الذى يحل محل كاتيونات الكالسيوم

والمغنسيوم والصوديوم ثم يمرر على مرشحات اخرى مشبعة بالأيدروكسيد OH- الذى يحل محل أنيونات الكربون والكبريتات والكلوريد ويعرف الماء الناتج باسم Deionized water.

3) يمكن استخدام ماء الشرب فى الرى حيث يحتوى عادة على 0.1 - 0.6 جزء/ مليون كلور 2 & 1- جزء/ مليون صوديوم ولا يجب أن يزيدا عن ذلك.

التركيز الكلى للأملاح بالمحلول الغذائى

مصدرا الأملاح بالمحاليل المغذية هما الأسمدة المذابة والأملاح الموجودة أصلا فى الماء المستعمل، وكلما قلت الأملاح بالماء أمكن زيادة تركيز الأسمدة؛ ولذا يجب ألا يزيد التركيز الكلى للأملاح عن 0.7 ضغط جوى وإذا زاد عن ذلك يؤدى لنقص النمو النباتى ثم موت النباتات لزيادة الضغط الأسموزى عن الحد المناسب لامتصاص النبات. ويفضل أن يكون صيفا (0.5) وشتاء (1.0) ضغط جوى بسبب زيادة النتح عند ارتفاع درجة الحرارة صيفا.

تركيز العناصر الغذائية المختلفة فى المحلول المغذى والتوازن الأيونى بينهما

يقصد بالتوازن الأيونى أن مجموع نسب الأنيونات (النترات والفوسفات والكبريتات) = مجموع نسب الكاتيونات (البوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم) = 100% أما الصوديوم فإنه لا يعد من العناصر الضرورية، وأما باقى العناصر فتوجد فى المحاليل المغذية بتركيزات منخفضة لا تؤثر على التوازن الأيونى.

العناصر المغذية Nutrient elements

جميع هذه العناصر ضرورية لنمو النباتات ونقصها يؤثر عليه بنفس القدر من الأهمية وهى تنقسم من حيث الاحتياج الكمى للنبات إلى عناصر كبرى وأخرى صغرى:

العناصر الكبرى: الكربون- النتروجين- الفوسفور- البوتاسيوم- الكالسيوم- المغنسيوم- الكبريت.

العناصر الصغرى: الحديد- المولبيدنم - النحاس- الزنك- المنجنيز - البورون - الكلوريد.

جدول (30): مصادر وأهمية العناصر الغذائية

العنصر	المصدر	الأهمية
N	- المخلفات العضوية - الهواء الجوى (التثبيت البيولوجى) الجزء التكافلى - الأسمدة المعدنية - التسميد الأخضر	- يدخل فى تركيب الأحماض الأمينية وبالتالى تخليق البروتين - يتحرر بواسطة عملية المعدنة الميكروبية Mineralization - يتأكسد إلى نترات بواسطة بكتيريا النترتة - يختزل إلى نتروجين جزيئي .وأكاسيد بواسطة بكتيريا الدنترة تفقد من التربة إما بالرشح إلى الماء الأرضى أو المصارف مسببا الإثمار الطبيعى أو فى صورة أكاسيد نتروچينية (غاز الاحتباس الحرارى)
P	- صخور التربة فى صورة معدنة غذائية - فوسفور معدنى مرتبط فى الدبال أو أحجام الكائنات الدقيقة - الأسمدة المعدنية أو خام صخر الفوسفات (الأباتيت)	- متحرر من المادة العضوية بقتل ميكروبات التربة (المعدنة) Mineralization - الإذابة بواسطة الأحماض الناتجة عن التفاعلات الأيضية الميكروبية - يدخل فى تكوين الأحماض الأمينية والنووية - هام فى عمليات تخزين وفصل الطاقة الحيوية - يمتص بواسطة فطر الميكروهيزا المتكافل مع جذور النباتات

العنصر	المصدر	الأهمية
K	- فى صورة معدنية فقط أما ذائباً فى محلول التربة الفلسبار أو مثبت على معادن التربة (الكائولينيت والمسكوفيت) أو متبادلاً على غرويات التربة. - المخلفات العضوية ويتحرر بالمعدنة الميكروبية	- تكون الأحماض الأمينية والبروتينات. - هام فى عملية التمثيل الضوئى (عقب الكلوروفيل). - أساسى فى عملية امتصاص النبات للماء والعناصر الغذائية والتحكم فى عملية الضغط الأسموزى . - يفقد مع مياه الصرف
S	- 50 % من كبريتيد التربة عضوى فى المخلفات النباتية والحيوانية - معادن التربة الحاملة للكبريت مثل الجبس والأسبومنت والنيتريت - المطر الحامضى	- يتحرر بالأكسدة الميكروبية فى صورة كبريتات - أو يختزل لاهوائياً الى كبريتيدات - يفقد مع مياه الصرف مسبباً ظاهرة الاغناء البيولوجى مثل P,N
Ca^{++}	- صخور التربة الرسوبية - أملاح ذائبة فى صورة أيونية Ca^{++} - صورة مدمصة أو متبادلة على معادن الطين أو مرتبط مع الدبال	- تحسن pH التربة كربونات الكالسيوم تربة حامضية ← رفع pH كبريتات الكالسيوم تربة قلوية ← خفض pH (الجبس الزراعى) - هام فى تركيب نفاذية لحد الخلوية - هام فى انقسام استطالة الخلايا
Mg^{++}	- مدمص أو مثبت على معادن الطين أو مرتبط مع الدبال وأحيانا يثبت من طبقات معادن التربة	- يدخل فى تركيب الكلوروفيل وكمرافق إنزيمى هام - نقصه يسبب أضرار الأوراق والنقص الشديد يسبب إهدار السطح السفلى للأوراق
Fe^{++}	- مركبات سليكاتية مثل الأوليفين والنيتريت - أكاسيد حديد مثل الهيماتيت - كربونات حديد - كلما زادت قلوية التربة كلما قل تيسره للنبات - يكون مركبا مخلبيا من المادة العضوية	- يدخل فى تركيب العديد من المرافقات الإنزيمية النباتية

العنصر	المصدر	الأهمية
Zn^{++}	- سليكات وكربونات وإيدروكسيدات الزنك - إضافة المخلفات العضوية تزيد من تيسير الزنك والحديد بتكوين مركبات مخلبية	- تركيب الحديد من الإنزيمات وإنتاج المواد المنشطة
Cu^{++}	- كربونات وسليكات النحاس - أكاسيد النحاس - يرتبط مع المادة العضوية (مركب مخلبى) - زيادة تركيز الحديد أو الزنك أو الفوسفات يؤدى إلى نقص الامتصاص - سماد حمأة المجارى	
البورون B	- معدن التورمالين (سليكات البورون) - يرتبط على معادن الطين وأكاسيد الحديد والمادة العضوية	
الموليبدنم Mo	- أكاسيد الموليبدنم وموليبيدات الكالسيوم والرصاص - مدمص على معادن الطين ومرتبط بالمادة العضوية - التربة الحامضية والحيوية يؤدى لنقصه	- يسبب عدم التوازن من الرصاص والموليبدنم إلى مرض Molybdenosis
الكلوريد Cl^{-}		- يحسن من صفات النباتات المتحملة للملوحة - له دور فى مقاومة بعض الأمراض - زيادة الضغط الأسموزى مما يخفض امتصاص النبات للماء

1- تظهر أعراض العناصر الصغرى بصورة أكثر وضوحا فى الزراعة المائية عن الزراعات الحقلية نظرا لأن التربة نادرا ما تخلو منها.

2- نقص عنصر البورون يؤدى إلى تشققات دائرية سطحية فى جلد الطماطم كما تظهر تشققات طولية فى ثمار الفلفل.

3- نقص النحاس يؤدى إلى تفلق ثمار الطماطم الناضجة فى الجو الحار.

4- احتمالات ظهور حالات تسمم للنبات بسبب خطأ العامل الإنسانى أثناء تحضير المحاليل المغذية أو تعديل تركيز العناصر لعدة أسابيع.

5- يمكن أن تتحمل النباتات الزيادة فى تركيز عنصر ما عندما يكون باقى العناصر متوفرا بالتركيزات المناسبة وبدرجة أكبر مما لو كان هناك نقص فى بعض العناصر مثال ذلك: تتحمل الطماطم زيادة عنصر النحاس حتى تركيز 1 جزء/ مليون، بينما تظهر أعراض التسمم عند تركيز 2و0 جزء/ مليون لو كان هناك نقص فى العناصر الأخرى.

6- أعراض التسمم النباتى الناشئة عن زيادة تركيز العناصر:

* زيادة عنصر النتروجين فى المراحل الأولى حتى ما قبل العقد فى الطماطم يؤدى إلى موت القمة النامية وقصر السيقان.

* زيادة عنصر الفوسفور يؤدى إلى ترسيب الحديد وظهور أعراض نقصه.

* زيادة الكالسيوم يؤدى إلى ظهور أعراض نقص البوتاسيوم والعكس صحيح.

* زيادة عنصر الحديد تؤدى إلى الإضرار بالجذور وتقليل امتصاص المنجنيز.

* زيادة تركيز البورون عن 20 جزء/ مليون يؤدى لأعراض تسمم (تبرقش).

* زيادة تركيز النحاس عن 1 جزء/ مليون يؤدى لأعـراض تسمم (اصفرار بين العروق).

درجة حموضة pH المحلول المغذى

* pH المناسب يتراوح بين 6- 6.5 ويتأثر بدرجة كبيرة بالتوازن الأيونى بين النترات والأمونيوم.
* يؤثر pH المحلول على امتصـاص العناصر الدقيقة حـيث يؤدى انخفاض pH عن 5 إلى زيادة امتصاص بعض العناصر إلى درجة السمية كما يؤدى ارتفاع pH عن 7.5 إلى ترسيب الفـوسفور - الكـالسيوم - المغنسـيوم - الحديد - المنجنيز.
* يعدل pH المحلول المغـذى إمـا بحـمض الكبـريتـيك أو أيدروكسـيـد الصوديوم.

طرق التعبير عن تركيز العناصر فى المحاليل المغذية

* بالجزء فى المليون ppm بإذابة 1جم من المادة فى 1000 لتر ماء.
* بالمللى مولر mM بإذابة الوزن الجزيئى بالجرام للمادة فى 1000 لتر ماء.
* بالمللى مكافئ فى اللتـر me/l أى الوزن الجزيـئى بالجرام مـقسومـا على الشحنة.

الوزن الجزيئي = الوزن الجزيئى أو المول / الشحنة.

* الضغط الأسموزى ويعبر عنه بوحدات الضغط الجوى.

أمثلة المحاليل المغذية المستعملة تجاريا

1) محاليل هوجلاند Hogland المغذية

يحضـر محلول هوجلاند من اثنين من المحـاليل القياسـية standard stock solutions يكون النتروجين فى أحدهما نتراتيا فـقط، وفى الثانى بصورتيه النتراتية والأمونيوميـة، وتوضح الجداول التالية (31، 32) كيفية تحـضير محلول هوجلاند من هذه المحاليل القياسية (عن Lorenz & Maynard, 1980).

جدول (31): طريقة تحضير المحاصيل القياسية اللازمة لعمل محلولى هوجلاند (أ)، (ب).

رقم المحلول القياسى	المركب وتركيبه الكيميائى		الكمية اللازمة من المركب بالجرام لتحضير لتر من المحلول القياسى
١	نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$	٢٣٦,٢
٢	نترات البوتاسيوم	KNO_3	١٠١,١
٣	فوسفات أحادى البوتاسيوم	KH_2PO_4	١٣٦,١
٤	كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4 . 7H_2O$	٢٤٦,٥
٥	نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2 . 4H_2O$	٢٣٦,٢
٦	فوسفات أحادى الأمونيوم	$NH_4H_2PO_4$	١١٥,٠
٧	كبريتات المغنسيوم	$MgSO_4 . 7H_2O$	٢٤٦,٥
٨	حامض البوريك	H_3BO_3	٢,٨٦
	كلوريد المنجنيز	$MnCl_2 . 4H_2O$	١,٨١
	كبريتات الزنك	$ZnSO_4 . 7H_2O$	٠,٢٢
	كبريتات النحاس	$CuSO_4 . 5H_2O$	٠,٠٨
	حامض الموليبديك	$H_2MoO_4 . H_2O$	٠,٠٢
٩	حديد مخلبى		ما يكفى من المادة لأن يكون تركيز الحديد فى المحلول القياسى ٠,١ ٪[1]

(١) مثال : إذا استخدم التحضير التجارى Seque Strene 330 كمصدر للحديد ، فإنه يلزم منه ١٠ جم تذاب فى الماء لعمل لتر من محلول الحديد القياسى ، نظرًا لاحتواء هذا المركب على الحديد بنسب ١٠٪ .

جدول (32): طريقة تحضير هوجلاند أ، ب من المحاليل القياسية المبينة

محلول هوجلاند[1]	المحلول القياسى (انظر جدول ٢٣ - ٩)	الكمية اللازمة بالمليمتر (مل) لتحضير لتر من المحلول المغذى
أ	١	٥
	٢	٥
	٣	١
	٤	٢
	٨	١
	٩	١
ب	٥	٤
	٢	٦
	٦	١
	٧	٢
	٨	١
	٩	١

(١) لتحضير أى من المحلولين (أ) أو (ب) تضاف الكميات المبينة من المحاليل القياسية المختلفة إلى ٨٠٠ مل ماء مقطر ، ثم يكمل الحجم النهائى إلى لتر .

2) محلول هيوت Hewitt المغذى.

ويحضر من الماء المقطر والاملاح النقية كما يتضح من جدول (33) ويستخدم غالبا فى دراسات الفسيولوجي (عن Devlin, 1975).

جدول (33): الأملاح المستخدمة فى تحضير محلول هيوت Hewitt المغذى وتركيزاتها به

	التركيز		
الملح	جم / لتر	جزء فى المليون	مللى مول / لتر
نترات البوتاسيوم KNO_3	٠,٥٠٥٠٠٠	البوتاسيوم = ١٩٥ النيتروجين = ٧٠	٥,٠
نترات الكالسيوم $Ca(NO_3)_2$	٠,٨٢٠٠٠٠	الكالسيوم = ٢٠٠ النيتروجين = ١٤٠	٥,٠
فوسفات الصوديوم $NaH_2PO_4 . 2H_2O$	٠,٢٠٨٠٠٠	الفوسفور = ٤١	١,٣٣
كبريتات المغنسيوم $MgSO_4 . 7H_2O$	٠,٣٦٩٠٠٠	المغنسيوم = ٢٤	٣,٠٠
سترات الحديديك	٠,٠٢٤٥٠٠	الحديد = ٥,٦	٠,١
كبريتات المنجنيز $MnSO_4$	٠,٠٠٢٢٣٠	المنجنيز = ٠,٥٥	٠,٠١
كبريتات النحاس $CuSO_4 . 5H_2O$	٠,٠٠٠٢٤٠	النحاس = ٠,٠٦٤	٠,٠٠١
كبريتات الزنك $ZnSO_4 . 7H_2O$	٠,٠٠٠٢٩٦	الزنك = ٠,٠٦٥٠	٠,٠٠١
حامض البوريك H_3BO_3	٠,٠٠١٨٦٠	البورون = ٠,٠٣٧	٠,٠٣٣
موليبدات الألومنيوم $(NH_4)_6 MO_7 O_{24}.4H_2O$	٠,٠٠٠٠٣٥	الموليبدنم = ٠,٠١٩	٠,٠٠٠٢
كبريتات الكوبالت $CoSO_4 7H_2O$	٠,٠٠٠٠٢٨	الكوبالت = ٠,٠٠٦	٠,٠٠٠١
كلوريد الصوديوم $NaCl$	٠,٠٠٥٨٥٠	الكلور = ٣,٥٥	٠,٠١

2-7 المزارع الرملية Sand cultures

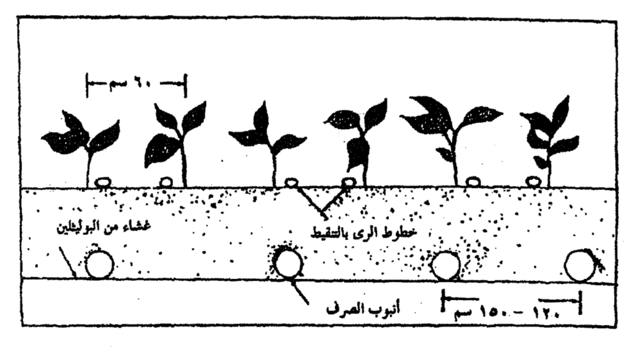
وهى من النظم المفتوحة التى لا تستعمل فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحدة، وتنمو النباتات فى الرمل الخالص وتسقى بماء يحقن باستمرار بالمحاليل المغذية القياسية Fertigation system والري فيها عادة بطريقة التنقيط وتتميز المزارع الرملية بالنفاذية والتهوية الجيدة (شكلى رقم 26 /27).

أنواع المزارع الرملية.

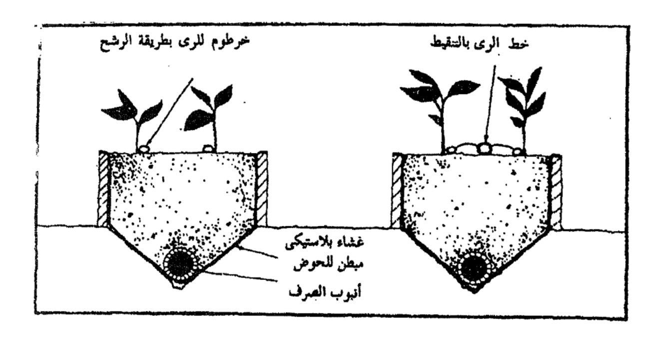
1) على رمال الشاطئ كما فى جزيرة السعديات في أبوظبى.

2) الزراعة على أسطح المنازل بعد فرشها بالبلاستيك مع مراعاة وجود ميل للمساعدة فى تحسين الصرف وغسل المزرعة.

3) الزراعة فى أحواض خاصة على مناضد وتبطن الأحواض بالبوليثيلين الأسود.



شكل (26): مزرعة رملية مقامة على أرض البيوت المحمية بعد فرشها بالبلاستيك، ثم بالرمل الذي يستخدم كبيئة للزراعة



شكل (27): مزرعة رملية فى أحواض خاصة على شكل حرف V، ومقامة على سطح الأرض مباشرة

تعقيم المزارع الرملية:

يتم التعقيم بين الزرعات المتتالية بواسطة برومـيد الميثايل والفايام ولكنها غير كافية للتخلص من الفيروسات

3-7 مزارع الحصى Gravel cultures

وهى من النظم المغلقة التى تستـعاد فيها المحاليل المغذية ويكرر استـعمالها، وأفــضل أنواع الحــصــى هو الجــرانيت المجــروش (صلب لا يتــفــتت مع الاستعـمال). وطريقة الرى المتبـعة إما التنقيط أو الرى تحت السطـحى وهى الأكثر شيوعا، حيث يضخ المحلول المغذى مـن أسفل حتى يصل مستواه إلى 2.5 سم من سطح المزرعة ثم يسمح له بالصـرف إلى خزان المحلول ليعاد ضخـه من جديد بعد فترة وهكذا لمدة 2 – 6 أسابيع ويتم التخلص منه ويحضر محلول جديد

* تتاثر الفترة بين الريات بعدد من العوامل هى:

1- حجم الحبيبات   2- سطح الحبيبات

3- النبات المزروع   4- كثافة النمو النباتى

5- العوامل الجوية   6- الوقت من اليوم

فالنبـاتات الطويلة (التى تنمو رأسيا كالطمـاطم والخيار) تحـتاج الرى على فترات متقاربة عن النباتات القصـيرة (كالخس) لزيادة المسطح الورقي فيها، كما أن الحبيـبات الصغيـرة تحتاج إلى ريات أكثـر تباعدا عن الحـبيبات الكبيـرة نظرا لكبر مسطحها النوعى وازدياد قدرتها على مـسك الماء كما تتقارب الريات فى الجو الحار وفى وسط النهار حيث ترتفع الحرارة وتزداد شدة الإضاءة.

* هذا وتتراوح مرات الرى لمعـظم مزارع الحصى من 3 إلى 4 مرات يومـيا خلال فـصل الشتـاء، بينما تصل إلى كل سـاعة تقريبـا فى نهار الصـيف الحار، ويكفى عادة مدة 20- 30 دقيـقة لضخ المحلول المغذى وصـرف الزائد منه، حيث يساعد ذلك على تحقيق التهـوية اللازمة لتنفس الجذور نظرا لطرد الهواء المشبع (ب ك 2ا) ليحل محله هواء جديد به نسبه أكسجين أعلى.

* وتعقم مزارع الحصى بين الزرعات المتتالية بمحلول مركز نسبيا من هيبوكلوريت الصوديوم

ومع تراكم الجذور سنة بعد أخرى يلزم عندئذ التعقيم ببروميد الميثايل أو الفابام.

عيوب مزارع الحصى:

- ارتفاع تكاليف الإنشاء.
- تراكم الجذور فى الحصى مع تكرار الزراعة سنه بعد أخرى.
- احتمالات الانتشار السريع لبعض الآفات التى تصيب النباتات عن طريق الجذور مثل فطريات الذبول الفيورازمى.

4-7 مزارع بالات القش Straw Bale Cultures

- تعتبر من النظم المفتوحة التى لا يعاد فيها استخدام المحاليل المغذية.
- من أهم عيوبها أن القش سريع التحلل فلا يستعمل إلا لموسم زراعى واحد، ولكن هذا التحلل يساعد على رفع درجة حرارة الجذور وزيادة نسبة (ك $ا_2$) فى الصوبة.
- تحتاج إلى كمية مياه رى غزيرة لتشبيع البالات بالماء (60 لترا يوميا / بالة / 4 أيام)
- لا يحتاج هذا النظام إلى تعقيم الصوبة ككل حيث إن القش يسهل تعقيمه منفردا.
- الرى بالرش مع إضافة الأسمدة الصلبة على سطح البالات لتذوب تدريجيا فى ماء الرى.

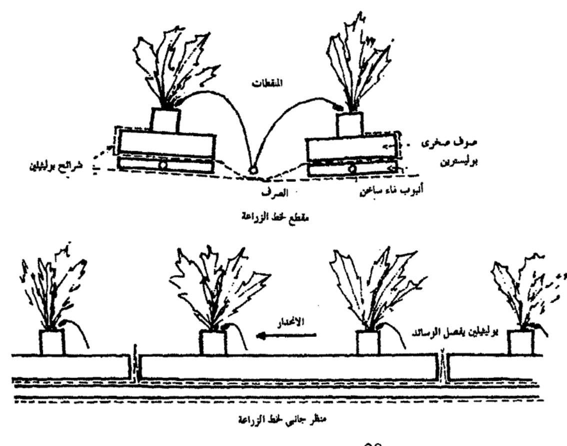
5-7 مزارع الصوف الحجرى Rockwool cultures (يشبه اللباد)

- من النظم المفتوحة التى لا يعاد فيها استخدام المحاليل المغذية.

- يروى بماء محتوى على العناصر الذائبة Fertigation ويكون الرى بالتنقيط.

- يصنع الصوف الحجري بتسخين الحجر الجيرى مع صخر البازلت إلى درجة 1600 م حيث ينصهرا ثم يبردا فجائيا فتتكون ألياف لا تتحلل بيولوجيا ولا تحتوى على مواد ذائبة، كما أنه لا يدمص العناصر الذائبة ويتراوح pH من 7 - 8.5.

- ويتوفر الصوف الحجرى على شكل حبيبات أو مكعبات أو وسائد ويغلف بالبلاستيك لمنع تسرب المحلول المغذى وتشقق فتحات فى الغلاف بين النباتات وأيضا فى نهايتي كل وسادة لتحسين الصرف ومن الضرورى سحب عينات من المحلول المغذى من داخل الوسائد لاختبار تركيز العناصر الغذائية وكذا التغير فى الـ pH، ويجرى تعقيم الوسائد باستعمال بروميد الميثايل أو البخار لمدة 30 ق (شكل رقم 28).



شكل (28): تصميم مزرعة الصوف الصخري

7-6 مزارع مخاليط البيت Peat cultures

- حيث يستخدم مخلوط البيت موس والبوليسترين ونشارة الخشب ويعتبر من النظم المفتوحة التى لا تستخدم فيها المحاليل المغذية سوى مرة واحدة.
- يروى بالتنقيط مع حقن المحاليل المغذية ويصل pH إلى 6 -6.5 ويمكن تعديله بإضافة مسحوق الحجر الجيرى أو الكبريت الزراعى.

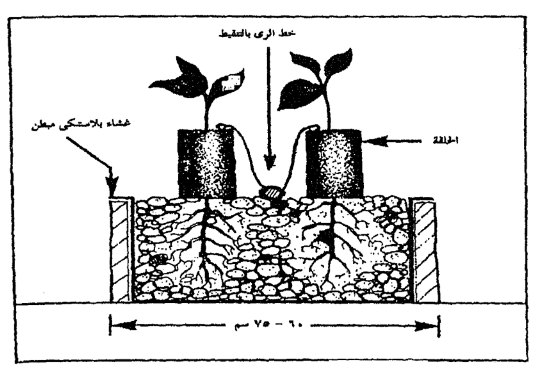
7-7 مزارع الأغوار Trough cultures

هى زراعات تتم فى أحواض منخفضة طويلة وضيقة بعد ملئها بمخلوط زراعة مناسب أساسه البيت موس وتدعم جوانب الحوض بعوارض خشبية أو أسمنتية وأحيانا من الفيبرجلاس وتبطن من الداخل بالبوليثيلين الأسود وتبلغ مقاييس الحوض 15 سم عمق - 75 سم عرضا، 40-60 م طولا.

- يتم الصرف بعمل ثقوب فى جوانب الحوض من أسفل أو بوضع أنبوب بالقاع ويلزم أن تكون الأغوار منحدرة قليلا لتحسين الصرف.

7-8 مزارع الحلقات Ring cultures

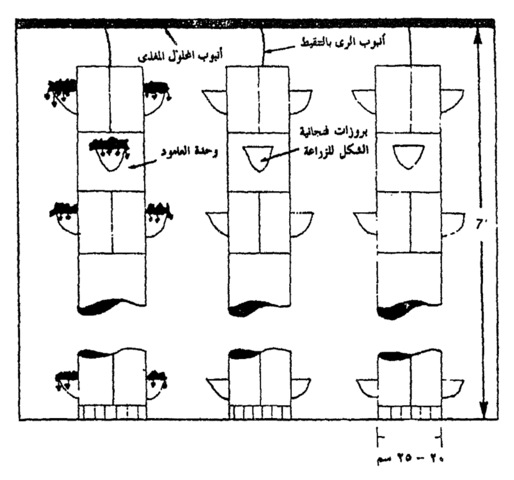
تشبه مزارع الأغوار ما عدا وجود أسطوانات مفتوحة الطرفين من البلاستيك أو الورق المقوى بقطر 20-25 سم تغرز فى سطح مخلوط الزراعة، وتزرع النباتات فى هذه الحلقات التى تشجع زيادة المجموع الجذري وتروى الحلقات بطريقة التنقيط (شكل رقم 29).



شكل (29) مقطع عرضى فى مزرعة حلقات ring Cuture

9-7 مزارع الأعمدة Column cultures

تنمو الـنباتات فى أعمـدة رأسيـة وتستخـدم أنابيب من الأسبـستـوس لهذا الغرض، وبكل منها عدد من البروزات كالشرفات تزرع فيها النباتات وتملأ الانابيب بخلطة أساسها البـيت موس وتسقى بمحلول مغذ بطريقة التنـقيط من أعلى العمود (الأنبوبة) وتتـميـز هذه الطريقة بجـودة الصرف للزائد من المحلول المغـذى اسفل العمود ويصلح لزراعة الطماطم (شكل رقم 30).



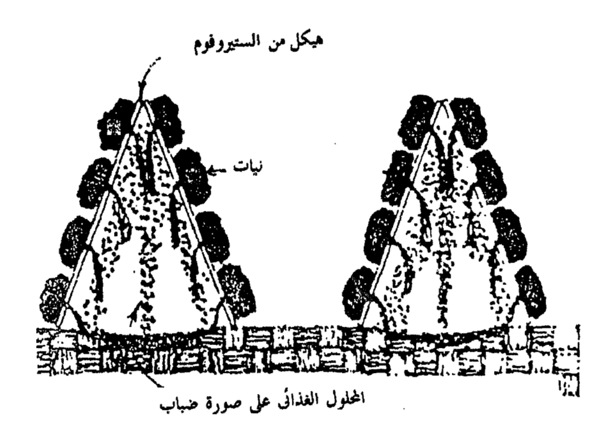
شكل (30) : مزرعة اعمدة Column Culture

10-7 مزارع الأجولة المدلاة Sac cultures

وهى طريقة محورة عن مـزارع الأعمدة ولكنها أكثر بساطة حـيث تستخدم أجـولة من البوليـثيلـين بدلا من الأنابيب وبقطر 15سم وطول 2 م ويملأ بمخلوط البيت موس، ويربط طرفها السـفلى، وتثبت من طرفها العلوى فى سقف المكان، وبالتالى تتدلى لأسفل وتزرع الـنباتات من خلال ثقوب بقطر 3-5سم على محيط الأجولة وتروى بطريقة التـنقيط ولا يعاد استخدام المحـلول الزائد وتغسل الأجولة مرة كل شهر لعدم تراكم الأملاح، ويستخدم فى زراعة الخس والطماطم ويفيد فى خفض استهلاك الماء إلى 80% تقريبا والمحافظة على الثمار من التلوث بالتربة.

11-7 المزارع الهوائية Aeroponics

تظل جـذور النباتات مـعلقة فى حـيز مغلق مـع تعريضهـا بصورة منتـظمة للمحلول المغذى فى صـورة ضباب، وبذلك تحصل النباتات على حاجـتها من الماء والغذاء والأكسجين اللازم لتـنفس الجذور، ويتميز هذا النظام بأكبـر استفادة ممكنة من مساحة الصوبة حيث تثبت النباتات على جانبى هيكل مثقب على شكل حرف A وقد استخدمت هذه المزارع فى إنتاج الخس (شكل رقم 31).



شكل (31) : تصميم المزارع الهوائية. تزرع النباتات على جانبى هياكل بشكل حرف A، وتروي بضخ المحلول المغذى على جذورها فى شكل ضباب

الباب الثامن

الإدارة المثلى للمياه والطاقة والتربة

8-1 مشكلات المياه - نظرة عامة

كان - ولا يزال - التوزيع الجغرافي لسكان العالم وكثافته مرتبطا بمصادر الماء تبعا لوفرته أو شحه ومع التغيرات المناخية المعاصرة والتى ترتب عليها نوبات جفاف فى بعض مناطق العالم واحتمالات تكرارها, احتل التوازن بين توزيع موارد المياه وتوزيع السكان فى العالم وهو ما كان يصحح قديما تلقائيا بالانتقال من مناطق الجفاف إلى مناطق الوفرة المائية، ولكن حديثا شكلت الحدود السياسية عائقا أمام الهجرة البشرية وراء الماء، وبالتالى اختلفت حظوظ الدول من الموارد المائية طبقا لمواقعها وما تحتويه من أنهار وبحيرات عذبة، بل أحيانا تتوزع أراضى الحوض المائي الواحد على أكثر من دولة فمثلا حوض النيل تقتسمه 9 دول أفريقية.

ومن الناحية **الاجتماعية** أدت الزيادة السكانية عالميا - وخاصة فى الدول النامية فى آسيا وأفريقيا وأمريكا اللاتينية - إلى ظهور نقص مياه وتناقص نصيب الفرد عن حد الفقر المائي (1000 م^3/ سنة) وينتظر استمرار تفاقم مشكلات المياه فى القرن الحادى والعشرين فى الدول محدودة الموارد مما سيؤدى إلى صراعات وحروب أهلية.

أما النواحي **الاقتصادية** فإنها ترتبط أيضا بالزيادة السكانية حيث يتزايد استخدام المياه فى الأغراض المنزلية والصناعة وتوليد الكهرباء وذلك على حساب

الزراعة، ففى بداية القرن العشرين كانت الزراعة تستهلك 90 % من المياه العذبة وتراجع ذلك فى 1997 إلى 71% بينما ارتفع نصيب الصناعة من 6% أول القرن إلى 20% فى1997؛ ولذا فإن ترشيد استخدام المياه وعدم الإسراف فيها أصبح مطلبا استراتيجيا عالميا، بل إن المياه فى سبيلها إلى منافسة النفط كسلعة اقتصادية تباع وتشترى، وبالفعل فإن هونج كونج تشترى المياه من الفلبين، وسنغافورة تشتريها من ماليزيا

ويؤدى ارتفاع معدلات الزيادة السكانية فى الشرق الأوسط (3% سنويا) إلى تناقص نصيب الفرد من المياه عاما بعد عام، وتزداد المعاناة فى الدول العربية خاصة حيث تسيطر دول غير عربية على منابع أنهارها الرئيسة: تركيا فى الشمال (دجلة والفرات) وأثيوبيا فى الجنوب (النيل) وإسرائيل (نهر الأردن) بالإضافة إلى شبه الجزيرة العربية والصحراء الكبرى التى يسودها الجفاف ولا يوجد بها أنهار دائمة الجريان، وتعتمد بصفة رئيسة على المياه الجوفية وإجمالا تتزايد مشكلات المياه مع تباعد الفجوة بين المتاح والمطلوب وعدم الاتفاق على توزيع حصص المياه بين دول الأحواض المشتركة مما جعل قضية الأمن المائى ذات أولوية لا تقل عن الأمن السياسي أو الأمن العسكري (أبو العلا - 2007).

وفى دراسة للمجالس القومية المتخصصة بمصر (شعبة الزراعة والرى) عام 1990 قدرت موارد مصر المائية سنة 2000 كالآتي:

55.5	مليار م^3	حصة مصر من مياه النيل طبقا لاتفاقية 1959
20.0	" "	حصة مصر من مشروع قناة جونقلى (مرحلة أولى)
6.5	" "	مياه صرف زراعى
1.0	" "	مياه صرف صحى
4.0	" "	مياه جوفية
69.0	مليار م^3	جملة الوارد

ويقابل ذلك. . المطالب المائية الناجمة عن الزيادة السكانية والتوسع الزراعي والصناعي والعمراني كالتالي:

52.0	مليارم3	للأراضي القديمة والمستصلحة
4.5	" "	لمياه الشرب
2.4	" "	لمياه المصانع
0.5	" "	فاقد تبريد المحطات الحرارية
2.0	" "	للملاحة

68.4 مليار م3 جملة المنصرف

ويتضح من ذلك أن مصر تستخدم كل مواردها المائية وأنها ستواجه عجزا محققا في المياه العذبة في المستقبل القريب حيث تقدر احتياجات مصر المائية سنة 2010 بنحو 70.7 مليار م^3 (تقرير البنك الدولي. أبو العلا 2007) ومن هنا تبرز أهمية الاتفاق مع دول حوض النيل لإنجاز المشروعات المشتركة لتقليل فواقد المياه في أعالي النيل وزيادة إيراد النهر مثل قناة جونقلي.

أما في شبه الجزيرة العربية التي يسودها الجفاف ماعدا أمطار موسمية صيفية على جنوبها الغربي في اليمن وعسير والطائف وأيضا ظفار تكفي للزراعة أو على الأقل نمو المراعي وبعض الأمطار الشتوية على جبال عمان، وقد تسقط أمطار - خاصة في الخريف والربيع- بفعل التسخين المحلي وتكون زوابع رعدية مطيرة، وربما يسقط في بضع ساعات أمطار تعادل ما يسقط في عدة سنوات ويتبعها جريان سيول فجائية ولكن يضيع الجزء الأكبر منها بالبخر أو التسرب إلى باطن الأرض.

وتفتقر شبه الجزيرة إلى المجاري المائية دائمة الجريان كالأنهار ولكن توجد نهيرات صغيرة قصيرة شديدة الانحدار كما في أودية تهامة بالسعودية ومأرب باليمن، وتقوم الزراعة في هذه الأودية على الري السطحي حيث تحجز مياه

الفيضانات بسدود صغيرة، ويصل ما يروى فى اليمن إلى 120 ألف هكتار من مياه السيول المخزنة وهناك أيضا المجارى المائية التى تتزود بالمياه من العيون وتعرف بالغيول وتروى 73 ألف هكتار أخرى.

ويعتقد أنه بالإمكان زيادة الاعتماد على الرى السطحى فى الأودية التهامية السعودية وتنميتها حيث المستخدم حاليا نحو 200 مليون م^3 فقط من مجموع مياه الأمطار المتجمعة المقدر بحوالى 1610 مليون م^3 سنويا وذلك بنسبة 12% فقط (الخطيب 1980 والأشعب 1982) وهذه المياه المتجددة كل عام جديرة بالاهتمام لتلبية حاجات السكان والزراعة، ومع ذلك لم ينفذ سوى مشروعي سد وادي جيزان سنة 1971 بطاقة قصوى 71 مليون م^3 / سنة وأيضا سد وادى أبها سنة 1974 لتوفير مياه الشرب لمدينة أبها.

وقد زاد الاهتمام فى المملكة السعودية بإدخال التقنيات الحديثة فى مجالات الرى كالرش المحورى نظرا لطبيعة قوام التربة الخفيف ونفاذيتها العالية وميل سطح الأرض، وقد بلغ عدد أجهزة الرش المحورى نحو 22 ألف جهاز سنة 1990 تستخدم فى ري محاصيل الحبوب كالقمح والشعير ومحاصيل الأعلاف والخضروات، وأيضا استخدمت طرق الرى بالتنقيط لرى أشجار الفاكهة. وهناك مشاريع للرى باستخدام القنوات المفتوحة مثل مشروع الخرج ومشروع الأفلاج مما ساعد على سد الاحتياجات الغذائية بالمملكة فى العديد من المنتجات الغذائية مثل القمح والتمر والأعلاف والدواجن والبيض والألبان.

وما زال الاعتماد على المياه الجوفية يسود بصورة أساسية فى أرجاء شبه الجزيرة ويوجد كثير من العيون الشهيرة التى تغذيها الأمطار، مثل عيون الهفوف ووادي فاطمة ووادى الليث، ومع نمو السكان وتزايد العمران زاد السحب منها وانخفض مستوى الماء الجوفى واستنزفت الآبار سريعا.

وقد أمكن باستخدام طرق الحفر الحديثة حفر آبار أرتوازية وصلت أعماقها إلى 1000-2400 متر وأمكن الوصول إلى المياه الجوفية العميقة التى ترجع مصادرها إلى مياه الأمطار فى العصر المطير فى الزمن الرابع أى أنها مياه حفرية

قديمة قابلة للنفاذ والتخزين خلال الصخور فى أحواض واسعة تشكل 80-90 % من مخزون المياه الجوفى فى المملكة كما فى تكوين "الساق" وتكوين " تبوك" وتكوين " المنجور" بالقرب من الرياض، وتقدر كمية المياه المخزونة به نحو 600 ألف مليون م3 وهى تمثل المصدر الرئيس للمياه المعدنية للرياض وهناك تكوين الخبر وتكوين المعلا فى شرق المملكة والذى يعتبر الخزان الرئيس للمياه الجوفية فى الكويت والبحرين وقطر (لمى صادق 1989).

ولمواكبة خطط التنمية الطموحة فى دول الخليج فقد تم الاعتماد على تحلية مياه البحر وقد تكفل ظهور النفط بالتكلفة المرتفعة لهذه المشروعات وتبلغ الطاقة الإنتاجية لمحطات تحلية مياه البحر بنحو 60% من إنتاج المياه المحلاة فى العالم، وكانت الكويت أول دول الخليج فى إنشاء محطة تحلية سنة 1950 بميناء الأحمدى تليها قطر ودخلت السعودية هذا المجال متأخرة عام 1970 ولكنها أصبحت تمتلك أكبر محطة تحلية للمياه المالحة فى العالم فى منطقة الجبيل تنتج مليون م3/يوميا (لمى صادق 1989).

كما اتجهت دول الخليج إلى معالجة مياه الصرف الصحى لإعادة استخدامها فى الرى وقد بدا استخدام 190 ألف م3/يوم من مياه مجارى مدينة الرياض المعالجة فى رى 4000 هكتار أراض زراعية فى الدرعية وعرقة والعمارية ديراب. وفى قطر أقيمت أول محطة لمعالجة مياه الصرف عام 1978 بطاقة 50 ألف م^3/يوم وفى البحرين أقيمت أول محطة سنة 1981 وفى الإمارات توجد حاليا أربع محطات بطاقة 170 ألف م^3/يوم.

ومازالت الجهود تتوالى فى دول شبه الجزيرة العربية لتنمية مواردها المائية لمواجهة بيئتها الحارة الجافة وزيادة السكان وتدفق العمالة الأجنبية والتنمية العمرانية والاقتصادية الرهيبة.

2-8 ترشيد الموارد المائية

1-2-8 تطوير الموارد

وتشمل مفاهيم عديدة منها:

1) تأسيس بنك للمعلومات (البيانات) المائية ويدعم ببرنامج مراقبة ونظام لجمع المعلومات وإدخالها وتخزينها.

2) الاستغلال الأمثل للمياه السطحية والجوفية إلى الحد الذى تسمح به اعتبارات الجدوى الاقتصادية.

3) تحديد الميزان المائى الجوفى لتجنب استنزاف المياه الجوفية وتحديد شبكة جريان المياه لتأمين تجدد مصادرها.

4) رسم "مسار حرج" لأغراض تخصيص كل مصدر مائى جديد مع مراعاة الحدية الاقتصادية والبيئية مقارنة بالبدائل الأخرى.

5) الترشيد من خلال المزارعين.

أ) ضرورة تغيير التركيب المحصولى واستبداله بمحاصيل أقل استهلاكاً للمياه.

ب) ضرورة الزراعة المبكرة بغرض خفض استهلاك المياه.

ج) زراعة محاصيل ذات عوائد وفيرة.

د) استخدام وسائل رى حديثة كالرى بالتنقيط أو الرش.

هـ) التوسع فى استخدام البيوت المحمية لخفض استهلاك النبات للمياه.

6) الترشيد باستخدام الحصاد المائى ويقصد به تجميع مياه الأمطار عبر الأودية والشعاب فى المناطق الجافة وشبه الجافة بغرض تأمين المياه ومن طرق الحصاد المائى البرك والصهاريج والسدود المختلفة الأغراض والأحجام.

7) تعظيم مستويات التقنية فى محطات المعالجة لمياه الصرف الزراعى والصحى والاهتمام بخلطها بمياه أكثر عذوبة، وفى هذا المجال يمكن أن تلعب التقنية الحيوية دوراً كبيراً فى زيادة كفاءة ونشاط الميكروبات القائمة بعملية الأكسدة فى المرحلة البيولوجية أو اكتشاف سلالات قادرة على امتصاص أو ادمصاص العناصر الثقيلة والتخلص من المواد الهيدروكربونية المعقدة كالمبيدات والمشتقات البترولية.

وفى مقالة قيّمة للباحث نادر نور الدين (2007) حدد خط الفقر المائى البالغ ألف متـر مكعب للفـرد فى العام وأوضح أن حـصة الفـرد فى مصـر عام 1959 كانت حوالى 2500 م^3 / سنة أى ضعفين ونـصف حد الفقر بينما تـناقصت بشدة عام 2007 نتيجة زيادة السكان وثبات الموارد المائية إلى 750 م^3 / سنة أى أقل من حد الفقر، وتعـتبر الزراعة هى المستهلك الأعظم للمياه فى مـصر بنسبة 87% من الحصة الكلية (48 مليار م^3/ سنة) ثم الاستهلاك المنزلى بنسبة 5 % (3 مليار م^3/ سنة) والاسـتهـلاك الصناعى بنسبـة 6 % (5.3 مليـار/ سنة) ولذا أشارت نتـائج الأبحاث لمراكز المياه والزراعة فى المنظمات الدولية والبنك الدولى إلى ضرورة اتباع مصر منظومة مـائية جديدة تتماشى مع واقعهـا الحالى تحت خط الفقر المائى وذلك بالابتعاد عن زراعة المحاصيل المستنزفـة للمياه كالأرز والبنجر وقصب السكر والموز والقلقاس والكرنب والتى تستنزف أربعة أضعاف كـميات المياه اللازمة لإنتاج نفس الكمية من حاصلات القمح والقطن والفول والذرة

ومن هنا يتبين ضـرورة تجنب زراعة حاصلات الوفـرة المائية أى البلدان التى لديها أمطار غـزيرة أغلب شهـور السنة أو لديها أنهار وبـحيرات عـذبة داخلية لا تأتيهـا من خارج حدودها ولا تشاركـها فيهـا دول أخرى. وأيضا ضرورة توعـية المزارع بأن ما يستهلكه من المياه فى زراعات مستنزفة يبلغ أربعة أضعاف ما يستهلكه غيره من المزارعين وأن من يريـد أن يزرع أرزا أو برسيما أو موزا فـعليه أن يسدد ثمن المياه الزائدة التى استخدمها لزيادة عائده المادي دون عائد مماثل للدولة.

أى يمكن تلخـيص السياسـة المائية المسـتقبـلية للدول تحت خط الفـقر المائي كالتالي:

1- توفيـر المياه لزراعة الحـاصلات الاستراتيـجية وحـاصلات التصدير غـير المستنزفة للمـياه مثل القمح والقطن والفـول والذرة والطماطم والبصل والثوم والزيتون والموالح والفاكهة عموما ماعدا الموز

2- فرض ضـريبة فرق استـهلاك على الزراعات المسـتنزفة للميـاه مثل الأرز والبـرسيم والموز والنبـاتات عريضـة الأوراق كالكرنب والقلقـاس، مع

تخفيض هذه الضريبة إلى الربع على زراعات الأرز فى المناطق الصحراوية الملحية التى تحتاج لعملية غسيل أملاح التربة.

3- استيراد الأرز من بلاد وفرة الأمطار الصيفية فى جنوب شرق آسيا مثل إندونيسيا والفلبين وبنجلاديش والهند (وكأننا استوردنا مياها إضافية من هذه الدول).

4- استيراد اللحوم والألبان من بلاد الوفرة المائية مثل السودان وتنزانيا وإثيوبيا والأرجنتين والبرازيل وهولندا والمجر لتوفير المياه المستخدمة فى الإنتاج، حيث يحتاج إنتاج كيلو جرام اللحم الأحمر إلى 15م3 مياه وإنتاج لتر واحد من اللبن الحليب إلى 6000 لتر مياه

وأخيرا فإن توالى الزيادة السكانية سيزيد انخفاض نصيب الفرد من المياه العذبة؛ ولذا فإن ضرورة ترشيد المياه فى قطاع الزراعة (الأكثر استنزافا) أمر مُلحّ وعاجل لضمان الحد الأدنى من الحدية المائية للسكان.

2-2-8 إدارة الموارد

1) تعطى الأولوية لاستدامة صلاحية المياه وحمايتها من التلوث أو تردى النوعية.

2) وقف تعدين الأحواض المائية الجوفية المتجددة والتحكم فيه وتقليله إلى معدلات الامتزاج السليم المستديم.

3) تحقيق أعلى كفاءة ممكنة فى نقل وتوزيع المياه وتبنى آليات متقدمة لتعزيز قدرات إدارة الموارد.

4) قياس تكلفة توريد المياه لمشروعات الصناعة والتجارة والسياحة والزراعة حسبما تحتاج إليه من المياه.

5) تطوير الموارد البشرية، وذلك بتنظيم وتنفيذ برامج التعليم المستمر والتدريب فى مواقع العمل فى السدود ومحطات المياه وتقليص التوظيف الزائد وتشجيع التميز والابتكار.

6) إدارة المياه العادمة مع مراعاة الصحة العامة والمعايير القياسية للمياه المعالجة.

7) إعادة النظر دوريا فـى التشريعـات وتحديثهـا حيثـما كـان ذلك ضروريا استجابة للمتطلبات المستجدة لضمان تحسين الأداء ودقة تنفيذ القوانين.

8) الترشيد من خلال القطاع المنزلى.

أ) تحديد معـدلات استهلاك الفرد بصـورة دقيقة من شرب واستـحمام وغسيل ملابس وأوانى الطبخ... إلخ.

ب) وضع مواصفات قياسية لتنفيذ شبكات المياه داخل المنازل والحد من التسرب بالصيانة الدورية للأدوات الصحية.

ج) عمل حملات توعية وإرشاد مكثفة لإشعار الناس بأهمية المياه وأنها ثروة قومية يجب الحفاظ عليها للأجيال القادمة.

د) إضافـة مواضيع ترشيـد المياه فى المناهج الدراسيـة للتلاميـذ بهدف التوعية المبكرة للنشء بأهمية المياه.

هـ) توعية المرأة والعمالة المنزلية بأهمية الحفاظ على المياه سواء بتخفيض الاستهلاك أو منع التسرب.

9) الترشيد من خلال القطاع الصناعى، باسـتخدام دورات التبريد المغلقة فى المصانع أو إقامـة الصناعات الأمثل استهـلاكا للمياه أو إعادة اسـتخدام مياه الصرف بعد معالجتها.

8-3- الرى Irrigation

تعريف عمليـة الرى هو ترطيب التربة إما بسقوط الأمطار أو الفـيضانات أو بإضافـة الماء فى المناطق الجافة وشبـه الجافة، وتخـتلف طرق الرى من مكان لآخر حسب الظروف الاجتماعية والاقتصادية وطبـيعة التربة ونوعية مياه الرى والمحصول النامى، وهناك تطور سريع فى طرق ووسائل الرى بهدف توفيـر المياه التى سيصبح الصراع عليها هو صراع القرن القـادم وتشمل النظم الحديثة الرى بالتنقيط والرش، حيث انحصر الرى بالغمر الذى كان يهـدر كميات كبيرة من المياه بلا طائل ويؤدى

لكثير من مشاكل الصرف وارتفاع منسوب المياه الجوفيـة، وهناك أنواع ثلاثة للمياه فى التربة حسب قوة المسك أو التجاذب.

أولها: الماء الهيجروسكوبى، وهو الممسوك بقوة حول حبيبات التربة وثانيها: الماء الميسر، وهو الماء الذى يستفيد منه النبات، وثالثها: الماء الحر، وهو الذى يفقد سريعاً إلى جوف التربة، والغرض من عـملية الرى هو توفير الماء اللازم للنبات فى منطقة الجذور لكى يتمكن من امتصاص العناصر الغذائية من التربة كما يساعد على إزالة الأملاح الزائدة بعيداً عن الجذور.

نظم الرى الشائعة

أ - الرى السطحى Surface irrigation

وهو غـمر الأرض بـالمياه ويتم تـقسـيم الأرض إلى أحـواض أو خطوط أو شرائح وكـانت تستخـدم قديماً فى الطنبـور والسواقى وحاليـاً ماكـينات رفع المياه وتكاليفـه قليلة ولكن يؤدى لإهدار قدر كـبير من الميـاه الزائدة عن حاجـة النبات وارتفاع منـسوب الماء الأرضى وأيضاً إهـدار جزء من الأرض على هيـئة قنوات أو بتون، وكذلك إعاقة حركة آلات الميكنة الزراعية.

ب - الرى بالرش Sparkler irrigation

ويستخدم فيـه الضغط لتوصيل المياه على هيئة رذاذ ينتـشر فى الجو، ويسقط على أسطح النباتات والتربة ويصلح لمعظم المحاصـيل الحقلية ولكن له سلبياته على المحاصيل البستانية (خضر - فاكهة - زينة) ويمكن استخدام هذا النظام تحت ظروف الطبوغرافية غير المنتظمة (الأراضـى المنحدرة أو المتموجة أو المدرجات) وكذا التربة الرملية ذات المساميـة والنفاذية العالية، ويمتاز بكفاءة عاليـة فى التحكم فى مقننات مياه الرى وترشيد اسـتخدامها وأيضاً توفير الأيدى العـاملة وحيوانات الجر، ولكن يعاب عليه ارتفاع تكاليف إنشائه واحتيـاجه لخبرة التشغيل وتأثره باتجاهات الرياح، كمـا يؤدى لإصابة بعض أوراق النبـاتات بالأمراض الفطرية أو بالاحـتراق نتيـجة تراكم الأملاح.

ومن نظم الرى بالرش استخدام المواسير النقالة Hand move pipes والرى المحورى Center pivot والثابت Permanent والمدفع المتنقل Travelergun.

جـ - الرى الموضعى أو بالتنقيط Micro-irrigation

وهو مناسب فى حالة مياه الرى المحدودة وعدم توافر العمالة الماهرة وأكثر ملاءمة للمحاصيل البستانية كالأشجار والفاكهة، وكذا الأراضى غير المستوية والحد من مشاكل الصرف، ويعاب عليه انسداد النقاطات وتراكم الأملاح وسطحية جذور النباتات. ومن أنظمة الرى بالتنقيط السطحى Surface drip والتنقيط تحت السطحى Subsurface drip ونظام الببلر Bubbler system ونظام الرشاشات الصغيرة Micro-jet spray.

ومن أهم عناصر نجاح الري الحقلي

- جودة التنفيذ الهندسى لشبكة الرى.
- إدارة نظام الرى اختياراً وتنفيذاً.

ويتوقف اختيار نظام الرى المناسب على

- خصائص التربة
- التركيب المحصولى
- المقننات المائية
- نظام الصرف المتوفر

فمثلا خصائص التربة ذات القوام الثقيل (طينية أو طميية) يفضل معها الرى السطحى فى أحواض أو خطوط مع استبدال قنوات الرى بأنابيب PVC لتوفير الأرض المهدرة أو على الأقل تبطين القنوات لتقليل فقد المياه. أما الأراضى الرملية الخفيفة فيفضل نظام الرى بالرش سواء الثابت أو المحورى للمحاصيل الحقلية والرى بالتنقيط السطحى لأشجار الفاكهة وبالنسبة للخضر يستخدم الرى بالتنقيط تحت السطحى لترشيد المياه وتجنب تملح التربة.

8-4- الصرف Drainage

وهو أحد العوامل الهندسية الرئيسة لإنجاح منظومة ترشيد استخدام الموارد المائية، والتربة الجيدة هى التى تسمح بحركة المياه الزائدة بعيداً عن جذور النبات

حتى لا تتجمع مسبباً ارتفاع منسوب الماء الأرضى وما يترتب على ذلك من فقد بالبخر وتراكم الأملاح فى منطقة الجذور أو انسداد مسام التربة وبالتالى طبقة الجذور، وكذا سيادة الظروف اللاهوائية التى تحد من نشاط كائنات التربة المفيدة وزيادة العمليات الاختزالية مثل الدنترة واختزال النترات أو تكون كبريتور الإيدروجين والميثان ولا توجد مشاكل صرف عادة فى التربة الرملية ذات المسامية العالية التى تساعد على حركة الماء إلى أسفل، أما التربة الثقيلة (الطينية أو الطميية) فيلزم إضافة المخلفات العضوية والجبس الزراعى لتشجيع عملية التحبب Aggregation وتنشيط الديدان الأرضية Earthworms لحفر الأنفاق وزيادة عملية الرشح. وفى حالة وجود طبقة صماء تحت السطح فلابد من تفتيتها باستخدام محاريث خاصة Sub-soiling.

مراجع مختارة

أولا: المراجع العربية

- **أحمد عبد المنعم حسن (2007)**: التكنولوجيا الحيوية وتربية النبات- تطبيقات مزارع الأنسجة والهندسة الوراثية فى مجال الإنتاج الزراعى والتحسين الوراثى للنباتات- الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع - مدينة نصر- القاهرة.
- **أحمد عبد المنعم حسن (1988)**: تكنولوچيا الزراعات المحمية (الصوبات) - الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع - مدينة نصر - القاهرة.
- **أحمد عبد الوهاب عبد الجواد (1997)**: حتمية التحول من الزراعات الصناعية إلى الزراعات العضوية فى العالم العربى. الناشر الدار العربية للنشر- مدينة نصر-القاهرة.
- **أحمد مستجير (1995)**: لغة الجينات (البيولوجيا والتاريخ والمستقبل التطورى) - الناشر المكتبة الأكاديمية -الدقى - القاهرة.
- **الشحات محمد رمضان، راوية فتحى جمال (2005)**: ميكروبيولوجيا التخمرات - الناشر دار الفكر العربى - مدينة نصر - القاهرة.
- **زيدان هندى عبد الحميد (2003)**: التكنولوجيا الحيوية والجزيئية فى مجابهة الآفات الزراعية والإجهادات البيئية (الطبعة الثانية) - الناشر كانزا جروب - الدمرداش- القاهرة.
- **زيدان هندى عبد الحميد، محمد إبراهيم عبد المجيد (1995)**: الاتجاهات الحديثة فى المبيدات ومكافحة الحشرات - الجزء الثانى - التواجد البيئى والتحكم المتكامل - الطبعة الثانية- الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع - مدينة نصر- القاهرة.

- **سعد على زكى محمود - عبد الوهاب عبد الحافظ- محمد الصاوى مبارك (1997)**: ميكروبيولوجيا الأراضى - الطبعة الثانية - الناشر مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة.
- **سامى شحاتة- محمد الزناتى - بهجت السيد على (1993)**: الأسمدة العضوية والأراضى الحديثة - الدار العربية للنشر والتوزيع- مدينة نصر- القاهرة.
- **سمير الشيمى، بهجت السيد على (1997)**: تقرير عن المخلفات الزراعية فى مصر - مقدم إلى المنظمة العربية للزراعة - جامعة الدول العربية.
- **صلاح محمود الحجار (2003)**: التوازن البيئى وتحديث الصناعة. الناشر دار الفكر العربى - مدينة نصر- القاهرة.
- **عبد الباسط الجمل (2001)**: الجينوم والهندسة الوراثية - الناشر دار الفكر العربى- مدينة نصر- القاهرة.
- **عبد المنعم محمد الجلا (2002)**: الزراعة العضوية-الأسس وقواعد الإنتاج والمميزات الترقيم الدولى 977-17-0582-2.
- **عبد الوهاب محمد عبد الحافظ - محمد الصاوى مبارك (1996)**: الميكروبيولوجيا التطبيقية - المكتبة الأكاديمية - الدقى - القاهرة.
- **عماد الدين حسين وصفى (2007)**: الهندسة الوراثية والوراثة الميكروبية (الجزء الثانى) الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع- مدينة نصر - القاهرة.
- **فتحى محمد عبد التواب (1993)**: البيولوجيا الجزيئية (مدخل الهندسة الوراثية) - الناشر المكتبة الأكاديمية - الدقى - القاهرة.
- **لمى صادق (1989)**: الثروة المائية فى الإمارات العربية والبحرين وسلطنة عمان وقطر مجلة العلم والتكنولوجيا العدد 17-18.

- محـمد أبو العـلا محـمد (2007): مشكلات الميـاه فى الشرق الأوسط - الناشر مكتبة الأنجلو المصرية - القاهرة.
- محـمد السـعيـد الزميـتى (1997): تطبيـقات المكافحـة المتكاملة للآفات الزراعية- الناشر الدار العربية للنشر والتوزيع - القاهرة.
- محمـد السيد أرناؤط (2003): طرق الاستفادة من المخـلفات الزراعية - الناشر مكتبة الدار العربية للكتاب - القاهرة.
- محمـد فؤاد توفيق (1997): المكافحة البـيولوجية فى الآفـات الزراعية- الناشر المكتبة الأكاديمية - الدقى -القاهرة.
- محمد مختار الحلوجى (1987): القمامة ثروات أم نفايات- الهيئة العامة للكتاب- القاهرة.
- محـمد نجـيب إبراهيم أبو سـعدة (2003): التلوث البيـئى ودور الكائنات الدقيقة ايجابا وسلبا الناشر دار الفكر العربى- مدينة نصر- القاهرة.
- مـحمـد نجيـب إبراهيم أبو سعـدة (2005): المخلفات الصلـبة وإمكانات تدويرها بيولوجيا الناشر دار الفكر العربى- مدينة نصر - القاهرة.
- نادر نور الدين محمد (2007): ضريبة المحاصيل المستنـزفة للمياه. مقالة بجريدة الأهرام بتاريخ 25/ 8/ 2007 - ص 10 - القاهرة.

ثانياً: المراجع الأجنبية

- **Angus, T.A. (1954):** A bacterial toxin paralyzing silkworm larvae. Nature 173:545-6

- **Bedford, G.O (1980):** Biology , Ecology and control of plam rhinoceros beetles. Annual Rev. Entom. 25:309-39

- **Bergey s manual of systematic bacteriology (1984)**. Willams & Wilkins, Baltimore, USA

  Vol. 1- **Krieg, N.R.** (ed). Ordinary gram negative bacteria

  Vol. 2- **Sneath, P.H.A**. (ed). ordinary gram positive bacteria

  Vol. 3- **Staley, J.T.** (ed) Bacteria with Unusual properties

  Vol. 4- **Williams, S.T.** (ed). Gram positive filamentous bacteria of complex morphology

- **Caseley, J.C. (1990)**: Proc. 11th long Ashton Int. Sym " . Herbicide Resistance" Butterworth Publ., London

- **Chawla, H.S. (2000):** Introduction to plant biotechnology. Sci. Publ., Inc., Enfield, New Hampshire, 368 p.

- **Chrispeels, M. J. and D.E. Sadava (2003):** Plants, genes and crop biotechnology (2nd ed), Am. Soc. Plant Biologists, Boston, 562p

- **Devlin**, R.M. (1975): Plant physiology. Van Strand Co., New York

- **Gressel, J. (1998):** Biotechnology of weed control pp 295-325 In:A. Altman (ed.) Agric. Biotechnology. Marcel Dekker, Inc., New York .

- **Grumet, R. (1995):** Genetic engineering for crop virus resistance. Hort. Sci. 30(3):449-445

- **Honee, H., Vriezen, W and Visser, B (1990):** A translation fusion product of two different insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis* exhibits an enlarged insecticide spectrum. Applied and Environ. Microbiol. 56:823-5

- **Hopkins,W.G. (1995):** Introduction to plant physiology. John wiley& Sons, Inc., New York, 464p.

- **Kamalay, J and Goldberg, R.(1980):** Regulation of structural gene expression in Tobacco. Cell, 19:945-46.

- **Lorenz, O.A. and D.N. Maynard (1980):** Kott's handbook for vegetable growers. 2nd Ed. Wiley Intersciene, New York.

- **Ochiai, E.H. (1987):** General principles of biochemistry of the elements. Plenum Press, New York.

- **Ottow, J.C.G (1997):** Umwelt-Biotechnologie. G.Fisher, Stuttgart

- **Postgate, J.R. (1978):** Nitrogen fixation. North- Holland Publ. Co., Amsterdam, Holland.

- **Rees, R.M., Ball, B.C., Campbell, C.D. and Watson, C.A. eds (2001):** Sustainable management of soil organic matter. CABI Publishing, Oxin, UK and New York, USA, 425 p.

-**Remotti, P.C. (1998):** Somaclonal variation and in-vitro selection for crop improvement, pp 169-201 In: M.Gain, D.S. Brar and B.S. Ahloowalia (eds.) Somaclonal variation and induced mutations in crop improvement. Kluwer Academic Publ. Dordrecht, Netherland

- **Russell, G.E. (1978):** Plant breeding for pest and disease resistance. Butterworths, London. 485p.

- **Schlegel, H.G. (1986):** general microbiology. 6th Ed. Cambridge Univ., Press, London

- **Tabashink, B.L. (1994) :** Evolution of resistance to *Bacillus thuringiensis* . Annu. Rev. Entomol. B9:40-49

- **Slater.A. , N.W. Scott and M.R. flower (2003):** Pant biotechnology:the genetic mainipulation of plants. Oxford Univ. Press, UK, 346p.

- **Veeger, C. and W.E. Newton (eds). (1984):** Advavces in nitrogen Fixation. Martinus Nijhoff & W. Junk Publ. Co., Wagening, Holland.

- **Vesilind, P.A. (1982);** Environmental pollution and control. Ann report Sci. Butter-Worth Group, England

A

Absorption	الامتصاص
Actinorhizas	عوائل غير بقولية
Adsorption	الامتصاص
Aeroponics	المزارع الهوائية
Aggregates	التحبب
Agricultural wastes	المخلفات الزراعية
Alkaloids	المواد الكالودية
Angiosperms	مغطاة البذور
Athiorhodaceae	البكتريا الأرجوانية غير الكبريتية
Azadirachtin	مستخلص النيم
Azolla	سرخس مائى

B

Bacteroides	البكتريا التكافلية داخل العقدة
Baculoviruses	مجموعة فيروسية
Batch culture	التغذيه المتقطعة
Bedding	الفرشة فى الزرائب
Biogas	الغاز الحيوي
Bioindicator	دليل أو كشّاف حيوي
Biofertilization	التسميد الحيوي
Biological death	الموت البيولوجي
Biopulping	لب ورق حيوي
Bioreactor	مفاعل حيوي
Boll worms	دوده الحبوب
Braconidae	الحشرات الصيادة
Briquettes	طوب بناء
Bruch weeder	العزاقة بين الخطوط أو ذات الفرشاه

Buprofezin	مانع الانسلاخ
Bypass	تراب الاسمنت

C

Callose	مادة سكرية (بيتا ١-٣ جلوكان)
Callus	خلايا نباتية غير متكشفة
Chelating compouds	مركبات مخلبية
Chemoorganotrophs	الكائنات عضوية التغذية
Chrysopidae	حشرات عائلة أسد المن
Cloning	الإكثار الجيني
Coc kerels	الديوك الصغيرة
Cocci	الشكل الكروي
Coccinelidae	حشرات عائلة أبي العيد
Cold manure	السماد البارد
Column cultures	مزارع الأعمدة
Conformational chang	التغير في الشكل الفراغى
Continuous culture	التغذية المستمرة
Cortix	طبقة القشرة فى النبات
Cosmids	عنصر ناقل
Cross inoculation group	مجموعة تبادلية التلقيح لمجموعة نباتات معينة
Crystal toxin	التوكسينات (السموم) البلورية
Cut worms	الديدان القارضة
Cyanobcteria	البكتريا الاكسوچينية المثبتة للنتروچين (الطحالب الخضراء المزرقة)
Cyoplasmic hybrids	الهجين السيتوبلازمي

D

Decline phase	طور الهبوط أو التناقص
Deltamethrin	مبيد حشري
Desertation	التصحر

Detoxification	إزالة السمية
Differentiated growth	النمو المتكشف
Drainage	الصرف

E

Earth worms	ديدان الأرض
Ecosystem	النظام البيئى
Effective strains	السلالات الفعالة
Electroporation	الصدمة الكهربية
Ensilage	السيلجة
Eutrophication	الاغناء البيولوجي

F

Farm compost	سماد كمبوست المزرعة
Farm yard manure	سماد المزرعة (السباخ البلدي)
Feces	الروث
Fermentor	مخمر
Fertigation	التسميد مع الري
Forced aeration	الهواء القصري
Frankia	ميكروب مسبب للعقد الجذرية في الاشجار غير البقولية
Fulvic acid	حمض الفلفيك

G

Garbage compost	سماد كمبوست القمامة
Generation time	عمر الجيل
Global warming	ارتفاع حرارة الكون
Grayel cultures	مزارع الحصي
Gravity oil separator	الفصل الزيوت بالتناقل
Growth rate	معدل النمو أو التضاعف
Gymnosperms	معراة البذور

H

Hard water	الماء العسر
Hetorocyst	خلايا تثبيت النتروجين في الطحالب الخضراء المزرقة
Hog feeding	طعام الخنازير
Humic acid	حمض الهيوميك
Humin	الهيومن (أحد مكونات الدبال)
Humus	الدبال
Hydroponics	الزراعة المائية

I

Immobilization	الفقد المؤقت للعناصر
Infection thread	خيط العدوى
Ionization	التأين

L

Lag phase	الطور التمهيدي أو التأقلم
Lectins	افرازات جذرية
Leghaemoglobin	الصبغة الحمراء فى العقد الجذرية
Log phase	طور الزيادة أو اللوغاريتمي

M

Meneralization	معدنه المواد العضوية
Methanogensis	البكتريا المنتجة للميثان
Microbial pesticides	المبيدات الميكروبية
Microinjection	الحقن الدقيق
Microirrigation	الرى بالتنقيط
Middle lammela	الصفائح الوسطي بين الألياف النباتية
Molybdenosis	مرض نقص المولبيدنم
Mosquitoes	الناموس
Mycorrhiza	فطر متعايش تكافليا مذيب للفوسفات

O

Oligofixers	ميكروبات مثبته للنتروچين

P

Paddy soils	الأراضي الغدقة
Parasites	الطفيليات
Peat cultures	مزارع البيت موسي
Pectinases	انزيمات تحليل البكتين أثناء التعطين
Pest management	المكافحة المتكاملة
Pharming plant	النباتات الصيدلانية
PHB (Poly hydroxy butaric acid)	حمض بولي هيدروكسي بيوتيرك
Phosphobacterin	لقاح بكتيري مذيب للفوسفات
Photoplankton	النباتات المائية
Phytoalexins	بروتينات مضادة للفطريات
Plasmid	عنصر ناقل
Predators	المفترسات
Pseudonodule	العقدة الكاذبة

R

Rockwool cultures	مزارع الصوف الحجري
Recombinant DNA	الدنا المعدل أو المطعم
Recycling	إعادة الاستخدام أو التدوير
Resting spores	الجراثيم الساكنة
Rice stem borers	ثاقبات سوق الأرز
Ring cultures	مزارع الحلقات
Restriction enzymes	إنزيمات القطع

S

Sac cultures	مزارع الاجولة المعلقة

Screwworms	الديدان الحلزونية
Sex phermones	الجاذبات الجنسية (الفرمونات)
Silo	الصومعة
Sludge manure	سماد حمأة المجاري
Soilless cultivation	الزراعة بدون تربة
Sparkler irrigation	الري بالرش
Stationary phase	طور الثبات
Straw Bale cultures	مزارع بالات القش
Straw board	ألواح خشبية من كبس قش الأرز
Surface irrigation	الري السطحي
Symbiosis	تبادل المنفعة

T

Thermostable toxin	السموم المتحملة للحرارة العالية
Thiorhodaceae	البكتريا الارجوانية الكبريتية
Trough cultures	مزارع الأغوار
Tumour inducing gene, Ti	الجين المسبب للتورم في الاجروبكتيريا

U

Undifferentiated growth	النمو غير المتكشف

V

Vector	العنصر الناقل
Vibrio	الشكل الواوي

W

Warm manure	السماد الحامى
Wild type	الأصول الوراثية
Wood peckers	نقارات الخشب
Wood warblers	طيور الخشب الهازجة

هذا الكتاب

يضم هذا الكتاب بين دفتيه منظومة الزراعة النظيفة، وهو مصطلح أشمل وأعم من «الزراعة العضوية» حيث يشمل بجانب التسميد العضوي والتسميد الحيوي والمكافحة البيولوچية أيضا النباتات المعدلة أو المحوّرة وراثيا لمقاومة الأمراض والآفات والظروف البيئية القاسية؛ من جفاف وملوحة وحرارة؛ إعلاءً لشأن التقنية الحيوية، ويتعدى ذلك إلى عمليات تدوير المخلفات الزراعية والاستفادة الكاملة منها -فهي نعمة لا نقمة- وكذا أنواع الزراعة غير النمطية (بدون تربة) وعمليات ترشيد الموارد الطبيعية من المنبع مثل المياه والطاقة والمواد الخام.

وقد تم التركيز على استراتيچية النوع -وليس الكم- التي يتجه إليها العالم الحديث، أى كيفية أو آلية تصنيع الأسمدة العضوية سواء من المخلفات الزراعية أو القمامة أو الحمأة أو الأسمدة الحيوية بواسطة ميكروبات التربة النافعة، والوصول بها للاستخدام الأمثل على نطاق تجاري واسع وفي حالة آمنة تماما مع تقليل المستهلك في مدخلات العملية الزراعية -بما فيها خصوبة التربة ذاتها- والمصادر المائية والمواد الخام.



المؤلف

* بكالوريوس العلوم الزراعية -تخصص أراضي- بمرتبة الشرف من كلية الزراعة- جامعة عين شمس - ١٩٧٤م.
* ماجستير العلوم الزراعية - تخصص ميكروبيولوچيا - من جامعة عين شمس ١٩٧٨.
* دكتوراه العلوم البيولوچية -تخصص ميكروبيولوچيا بيئية من جامعة هوهنهايم - شتوتجارت - ألمانيا فى ١٩٨٦م.
* تدرج في وظائف هيئة التدريس بقسم الميكروبيولوچيا بكلية الزراعة جامعة عين شمس، معيدا- مدرسا مساعدا- مدرسا- أستاذا مساعدا- أستاذا.
* باحث زائر بمعهد معالجة مياه الصرف والمجاري جامعة شتوتجارت في (٨٧- ١٩٨٨، ١٩٩٠) وبمركز البحوث الزراعية الفيدرالي بمدينة Geisenheim الألمانية (١٩٩٧).
* باحث زائر بالمعمل القومي لأبحاث التربة بولاية أيوا الأمريكية (٩١- ١٩٩٢).
* عضو جمعية الميكروبيولوچيا الأمريكية.
* عضو جمعية علوم الأراضى الألمانية.
* عضو جمعية الميكروبيولوچيا التطبيقية المصرية.
* عضو لجنة التعليم والبحث العلمي بالأمانة العامة للحزب الوطني (٩٤ - ٢٠٠٢).
* منسق مشروع شروق لتنمية القرية ... (٩٨ - ٢٠٠٠).
* مستشار وزارة البيئة (٢٠٠٠ - ٢ ...
* شارك في العديد من المؤتمرات ... منشورة، وله أبحاث عديدة ... المجلات العلمية والعالمية والمحلية ...
* حاليا أستاذ معار بكلية العلوم (قـ... الطائف.
* صدر له ٣ كتب: - التفاعلات ... البكتيرية- التلوث البيئي ودور الـ... الصلبة وإمكانات تدويرها بيولوچيـ...

